This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

3 3433 06274432 5

ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS.

La Commission n'entend pas, par l'insertion des documents assumer la responsabilité des théories qui y sont émises.
(*Extrait de l'article* 16 *du Règlement d'ordre et d'attributions de la Commission des* Annales des travaux publics.)

ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS

DE BELGIQUE.

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES, INDUSTRIELS OU ADMINISTRATIFS,
CONCERNANT L'ART DES CONSTRUCTIONS, LES VOIES DE COMMUNICATION
ET L'INDUSTRIE MINÉRALE.

TOME III.

ASTOR LIBRARY
NEW-YORK.

BRUXELLES,
H. J. VANDOOREN, IMPRIMEUR DE LA STATISTIQUE GÉNÉRALE
ET DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS,
Rue de la Régence, 14.

1845.

La Commission des *Annales des travaux publics* déclare avoir déposé trois exemplaires du 3e volume des *Annales*.

Les contrefacteurs seront poursuivis conformément aux lois.

Pour la Commission,
Le secrétaire provisoire,
H. GUILLERY.

ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS.

MÉMOIRE SUR LA FLEXION DU BOIS;

PAR M. E. LAMARLE,

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE GAND.

La théorie de la flexion et les expériences faites sur la résistance du bois, laissent subsister quelques incertitudes.

Nous signalerons particulièrement :

D'une part, et pour tous les cas de flexion, les doutes qui se sont élevés sur la position réelle des fibres invariables, c'est-à-dire, sur le rapport qui peut exister entre la résistance à l'extension et la résistance à la compression, pour un même changement de longueur, *opéré dans les limites de l'élasticité;*

D'autre part, et pour ce qui se rapporte essentiellement *aux pièces chargées debout, lorsque la force qui les sollicite agit au centre de gravité de la section supérieure et les maintient fléchies*, l'insuffisance des calculs présentés successivement par différents auteurs, *la flèche produite étant toujours restée sans détermination.*

L'importance qui s'attache à la solution des questions que nous venons d'indiquer peut être envisagée de diverses manières.

La Commission des *Annales des travaux publics* déclare avoir déposé trois exemplaires du 3e volume des *Annales*.

Les contrefacteurs seront poursuivis conformément aux lois.

Pour la Commission,

Le secrétaire provisoire,

H. GUILLERY.

ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS.

MÉMOIRE SUR LA FLEXION DU BOIS;

PAR M. E. LAMARLE,

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE GAND.

La théorie de la flexion et les expériences faites sur la résistance du bois, laissent subsister quelques incertitudes.

Nous signalerons particulièrement :

D'une part, et pour tous les cas de flexion, les doutes qui se sont élevés sur la position réelle des fibres invariables, c'est-à-dire, sur le rapport qui peut exister entre la résistance à l'extension et la résistance à la compression, pour un même changement de longueur, *opéré dans les limites de l'élasticité;*

D'autre part, et pour ce qui se rapporte essentiellement *aux pièces chargées debout, lorsque la force qui les sollicite agit au centre de gravité de la section supérieure et les maintient fléchies*, l'insuffisance des calculs présentés successivement par différents auteurs, *la flèche produite étant toujours restée sans détermination.*

L'importance qui s'attache à la solution des questions que nous venons d'indiquer peut être envisagée de diverses manières.

restera sensiblement la même, soit que les fils élémentaires aient été simplement juxtaposés, soit que leur écartement se trouve rigoureusement maintenu par des liens transversaux. Néanmoins, si le même faisceau est soumis à l'action d'une charge qui agisse suivant la direction de l'axe, et tende à rapprocher les sections extrêmes, les changements de longueur éprouvés par l'axe et mesurés par le rapprochement des sections auxquelles il aboutit, correspondront à des efforts très-différents, suivant que les liens intermédiaires seront plus ou moins nombreux, plus ou moins rétrécis. On voit ainsi comment il serait possible de réaliser un assemblage de fibres dans lequel les effets produits par extension directe, différeraient brusquement, pour un même effort, des effets produits par contraction.

Il resterait à examiner maintenant :

1° Si, dans le tissu ligneux, la résistance qui s'oppose à l'écartement des fibres longitudinales est incompatible avec l'existence de certaines solutions de continuité, comparables à celles du faisceau que nous considérions tout à l'heure ;

2° Si les faits observés dans l'extension directe et dans la flexion transversale, excluent nécessairement, pour le bois, l'assimilation que nous venons d'indiquer.

Nous ne prétendons pas que la réponse à ces deux questions doive être négative. Toutefois, il nous paraît qu'il y a matière à hésitation, surtout si l'on observe que, sauf quelques exceptions peu nombreuses et desquelles on ne peut rien inférer, les cas de flexion sont les seuls dont on se soit occupé pour expérimenter la résistance du bois. Dès lors les doutes auxquels nous avons fait allusion se trouvent en quelque sorte justifiés, et il ne nous sera pas interdit de les admettre, avec toutes leurs conséquences, sauf à démontrer ultérieurement, et par des expériences décisives, qu'ils ne sont pas fondés.

En adoptant ce système, il importe peu que l'inégalité, entre les résistances à l'extension et à la contraction, soit supposée

continûment progressive, ou tout à fait brusque, pourvu qu'elle reste comprise entre certaines limites. En effet, si la résistance à la contraction ne suit pas, par rapport aux changements de longueur, la loi de la proportionnalité simple, on peut lui substituer une valeur moyenne qui satisfasse à cette condition, et dès lors il y a identité entre les deux hypothèses. Mais, dira-t-on, n'est-il pas à craindre qu'en substituant à la résistance effective, une résistance moyenne, proportionnelle à la contraction, l'on n'introduise une cause d'erreur qui ne permette plus de comparer entre eux les résultats du calcul et ceux de l'observation? Nous avons examiné ce point, et ayant fixé pour chaque formule le degré d'approximation qu'elle comporte, nous avons reconnu que la substitution dont il s'agit pouvait être faite sans inconvénient. On remarquera d'ailleurs que nos expériences sont divisées en deux séries distinctes, les unes portant sur la flexion parabolique, les autres sur la flexion circulaire. Or, la flexion circulaire est particulièrement remarquable, en ce que les résultats qu'elle fournit sont entièrement dégagés de toute cause d'erreur ou d'incertitude; si donc il y a simplement approximation dans les données de la flexion parabolique, il y a rigueur absolue et vérification complète dans les applications de la flexion circulaire.

Cela posé, l'on se demandera sans doute pourquoi, possédant un moyen prompt et sûr d'arriver au but que nous nous proposions, nous n'en avons pas fait exclusivement usage, ne fût-ce que pour échapper aux détails un peu compliqués que nécessite l'emploi des procédés ordinaires, lorsqu'on admet l'hypothèse où nous nous sommes placé?

Nous répondrons d'abord, en ce qui concerne l'hypothèse d'une certaine inégalité entre les résistances à l'extension et à la contraction, qu'il nous a semblé rationnel de n'admettre *à priori* que les faits établis d'une manière constante, sauf à emprunter le secours du calcul et de l'observation pour résoudre directement la question proposée.

ANNALES

DES

TRAVAUX PUBLICS.

causes d'erreur inhérentes au mode d'expérimentation, l'expérience dont il s'agit ne peut d'ailleurs donner qu'une limite supérieure, puisque la diminution de résistance correspondante à la suppression d'une partie des fibres étendues, n'est accusée et rendue sensible que lorsque ces fibres sont atteintes sur une certaine hauteur *indéterminée*. Nous pensons donc que l'expérience de Duhamel ne saurait être invoquée contre l'hypothèse d'une égalité absolue entre les résistances initiales à l'extension et à la contraction. Quant aux effets observés au delà des limites de l'élasticité, ces effets dépendant des altérations successives qui commencent à partir de ces limites, il est clair qu'on ne pourrait non plus les opposer à cette hypothèse, qu'au moyen d'inductions très-hasardées. La seule conséquence qui paraisse en dériver nécessairement, c'est que, dans la contraction, l'altération d'élasticité et la perte de force qui en résulte, se manifestent plus tôt que dans l'extension.

2. En l'absence de preuves contraires, n'est-il pas naturel d'admettre que les résistances initiales sont les mêmes, quel que soit le sens dans lequel s'effectue le changement de longueur? N'est-ce pas ainsi que se comportent les gaz permanents? Sans doute il existe des différences notables entre la constitution de ces corps et celle des solides; mais, tant qu'on ne dépasse pas les limites de l'élasticité, les forces en jeu ne sont-elles pas de même nature pour les uns et les autres? Ne voyons-nous pas d'ailleurs qu'à des changements de température assez étendus et opérés comme on voudra, correspondent en tous sens des modifications de longueur proportionnelles aux différences thermométriques? Ces effets de la chaleur ne peuvent-ils être évalués mécaniquement par la dépense d'une certaine quantité d'action, et, dans ce cas, la même quantité d'action, employée en sens inverse, ne doit-elle pas produire des effets égaux et contraires?

Nous nous écarterions de notre but, si nous nous arrêtions au développement des questions que nous venons de soulever.

En les posant, nous n'avons pas l'intention d'en déduire aucune conséquence rigoureuse. Nous voulons seulement indiquer comment l'on est naturellement conduit à l'hypothèse précédente, et, sous ce rapport, de telles inductions semblent suffisantes, lorsqu'elles subsistent seules, sans faits contradictoires. Nous verrons plus tard des expériences directes confirmer cette hypothèse et lui donner, nous l'espérons du moins, une incontestable autorité.

3. Ces préliminaires établis, nous ajouterons que, dans les expériences faites et publiées sur la flexion du bois, nous n'avons rien trouvé qui permît de fixer d'une manière certaine la position des fibres invariables. Cette circonstance dépend surtout de ce que les résultats obtenus jusqu'ici n'offrent point de terme commun de comparaison, les bois auxquels ils s'appliquent étant d'espèces ou de qualités différentes. Elle dépend aussi de ce que la voie généralement suivie par les expérimentateurs ne tend pas directement au but que nous nous sommes proposé. De là résulte pour nous la nécessité d'entrer dans quelques détails particuliers, tant sous le rapport théorique, qu'en ce qui concerne le mode d'expérimentation.

Le moyen le plus direct pour déterminer le rapport existant entre les résistances à l'extension et à la contraction, consisterait évidemment à soumettre *une même pièce* à une même action, tendante soit à la comprimer, soit à l'étendre, et à constater, pour chacune de ces deux épreuves, le changement de longueur qui en résulterait. Mais si l'une de ces expériences est facile à faire, l'autre au contraire présente de très-grandes difficultés, et il paraît préférable d'y suppléer en recourant à la flexion transversale. D'un autre côté, l'hypothèse d'une inégalité quelconque entre les résistances que nous considérons, introduit, dans les formules dont on fait usage, des modifications dont il faut tenir compte. Il y a donc lieu, d'abord, d'établir en quoi consistent ces modifications.

Tel sera notre point de départ.

ARTICLE II.

Recherche des formules fondamentales applicables au cas de la flexion transversale.

4. Nous admettrons, conformément aux résultats fournis par l'expérience :

1° Que les changements de longueur, opérés par action directe, croissent proportionnellement aux efforts qui les produisent;

2° Qu'en cas de flexion, les fibres fléchies conservent, dans chaque section normale à l'axe de la pièce, *supposée prismatique*, leurs inclinaisons et leurs positions relatives.

Il sera d'ailleurs bien entendu qu'il s'agit *exclusivement* d'effets dans lesquels les limites de l'élasticité sont tout au plus atteintes et jamais dépassées.

PREMIER CAS.

Flexion circulaire.

5. Soit un solide prismatique encastré horizontalement à l'une de ses extrémités, et sollicité à l'autre par un couple situé dans le plan de la section longitudinale moyenne (fig. 1). L'équilibre exigera :

1° Que les forces développées parallèlement aux fibres, dans chaque section transversale, aient une résultante nulle;

2° Que le moment de ces forces soit égal à celui du couple.

La première de ces conditions fixe, comme on le sait, la position de l'axe d'équilibre; la seconde détermine la courbe suivant laquelle la pièce s'infléchit.

6. Conservant les notations ordinaires, nous nommerons :

$\frac{E}{10^4}$, la force qui mesure la résistance à l'extension directe

sur l'unité superficielle, et pour un alongement d'un dix-millième ;

$m^2 \frac{E}{40^2}$, la force qui, dans les mêmes circonstances, mesure la résistance à la contraction directe ;

ρ, le rayon de courbure des fibres invariables, au point que l'on considère ;

u, l'abscisse d'un point quelconque de la section transversale, comptée sur l'axe d'équilibre ;

v, l'ordonnée correspondante à cette abscisse, par un point quelconque de cette section ;

$f_1(u)$ et $f_2(u)$, les valeurs extrêmes de v, tant au-dessus qu'au-dessous de cet axe ;

ε, le moment d'élasticité ;

M, le moment du couple qui produit la flexion ;

b, la largeur de la section transversale, mesurée suivant l'axe d'équilibre.

On aura en conséquence :

$$\varepsilon = E\left[\int_0^b du \int_0^{f_1(u)} v^2 dv + m^2 \int_0^b du \int_0^{f_2(u)} v^2 dv\right].$$

La position de l'axe d'équilibre sera déterminée par l'équation de condition,

$$\int_0^b du \int_0^{f_1(u)} v dv - m^2 \int_0^b du \int_0^{f_2(u)} v dv = 0; \qquad (a)$$

et la courbe suivant laquelle s'infléchissent les fibres invariables, aura pour équation

$$\frac{\varepsilon}{\rho} = M. \qquad (b)$$

Or, ε et M sont constants ; cette courbe (abstraction faite du poids de la pièce) est donc un arc de cercle. Nous reviendrons plus loin sur cette circonstance remarquable, que nous croyons susceptible de quelques applications utiles.

7. Prenons pour axe des x et des y, l'horizontale et la verticale passant par la section d'encastrement ; plaçons l'origine sur la nappe des fibres invariables, et désignons par f la valeur extrême de y correspondante à l'abscisse du point m ; on aura, en général,

$$2\rho y = x^2 + y^2 ;$$

et, pour le point m en particulier,

$$2\rho f = a^2 + f^2 ;$$

d'où, substituant à ρ sa valeur tirée de l'équation (b),

$$\varepsilon = M\,\frac{a^2+f^2}{2f} ;$$

et, toutes les fois que le carré $\frac{f^2}{a^2}$ est négligeable par rapport à l'unité,

$$\varepsilon = M\,\frac{a^2}{2f}.$$

Il est clair d'ailleurs que le rapport $\frac{y}{x}$ est toujours croissant avec x, dans l'intervalle que l'on considère. On peut donc écrire en même temps, et *à fortiori*,

$$2\rho y = x^2.$$

Alors la courbe se confond sensiblement avec un arc de parabole, et les ordonnées sont entre elles comme les carrés des abscisses.

Soit h'' la distance comprise entre les fibres les plus fatiguées et l'axe d'équilibre, μ le changement de longueur éprouvé par ces fibres : on a

$$\frac{h''}{\rho} = \mu ,$$

et par conséquent, pour le cas ordinaire des applications,

$$f = \mu \frac{a^2}{2h''}.$$

Quant à l'abscisse a, si l'on nomme α la longueur de la fibre invariable comprise entre l'origine et le point m, on a, d'une part, et pour l'angle correspondant à cet arc,

$$\frac{\alpha}{\rho} = \frac{a\mu}{h''};$$

d'autre part, et pour le sinus de cet arc,

$$\frac{a}{\rho} = \frac{a\mu}{h''}.$$

Il vient donc

$$\frac{a\mu}{h''} = \frac{a\mu}{h''} - \frac{a^3\mu^3}{1.2.3.h''^3} + \frac{a^5\mu^5}{1.2...5h''^5} - \text{etc};$$

et, par suite,

$$\frac{a}{\alpha} = 1 - \frac{1}{6}\left(\frac{a\mu}{h''}\right)^2 + \frac{1}{120}\left(\frac{a\mu}{h''}\right)^4 - \text{etc};$$

d'où l'on déduit, la série étant convergente,

$$\frac{a}{\alpha} > 1 - \frac{a^2\mu^2}{6h''^2}.$$

Observons ici que, pour ne pas dépasser les limites du pouvoir élastique, il convient de restreindre à 0,0006 la valeur maximum de μ, et remarquons, en outre, qu'on a généralement

$$\frac{\alpha}{h''} < 300.$$

L'inégalité précédente donnerait donc, dans le cas le plus défavorable,

$$\frac{a}{\alpha} > 1 - 0{,}0054 > 0{,}9946,$$

On conclut de là que l'on peut toujours, à moins d'un demi pour cent d'erreur, substituer à la longueur de l'arc, celle de la corde, ou réciproquement. On reconnaîtra d'ailleurs, dans la plupart des cas d'application, qu'en opérant ainsi l'on ne commet en réalité qu'une erreur beaucoup moindre et tout à fait négligeable.

8. Nous terminerons ces premières considérations générales, relatives à la flexion circulaire, en faisant remarquer que, si la flèche correspondante au maximum de fatigue compatible avec la conservation de l'élasticité, a pour expression

$$f = \mu \frac{a^2}{2h''},$$

l'énergie du couple qui produit cet effet a pour mesure

$$M = \mu \frac{\varepsilon}{h''}.$$

DEUXIÈME CAS.

Flexion parabolique.

9. Conservant les notations précédentes, nous imaginerons que la flexion du solide encastré est produite par un poids unique P, agissant à son extrémité (fig. 2). Dans ce cas, l'équilibre exigera :

1°. Que les forces développées parallèlement aux fibres aient, dans chaque section transversale, une résultante égale et contraire à la composante tangentielle du poids P;

2°. Que la composante normale de ce poids soit équilibrée, en chaque section, par la résistance transverse du solide, ce qui détermine un rapprochement insensible des fibres dans le sens de la perpendiculaire, et ne change rien à leur parallélisme;

3°. Que les forces développées parallèlement aux fibres

donnent, par rapport à l'axe d'équilibre, une somme de moments précisément égale au moment du poids.

Quant aux forces normales engendrées par la résistance transverse, il n'y a pas lieu d'en tenir compte, pour toute section située à une distance finie de l'extrémité du solide, par le motif que le bras de levier de leurs moments est nul ou infiniment petit.

Cherchons à exprimer ces conditions d'une manière rigoureuse, et, pour plus de clarté, convenons de considérer comme positives les réactions dues à l'extension; comme négatives, celles qui résultent de la contraction.

Soit AB, CD (fig. 3), deux sections normales infiniment voisines, et parallèles avant la flexion, laquelle a eu pour effet de changer, *par rapport à* BA, la direction CD en la direction C'D'. On concevra que la droite mn ayant été menée parallèlement à CD, on ait placé, dans l'intervalle c r o m, un *double* système de forces égales et contraires, respectivement représentées en grandeur et en direction par les portions de fibres u s, interceptées entre o m, o r et r c, de la même manière que les résistances dues à la contraction sont représentées par les parties de ces mêmes fibres comprises dans l'angle c r c'. Cette addition de forces qui s'entre-détruisent, ne changera évidemment rien à l'état d'équilibre, et comme l'écartement o k est arbitraire, on pourra le prendre tel, qu'en combinant en semble les forces positives correspondantes à l'intervalle compris entre les parallèles CD, mn, la somme de ces forces soit numériquement égale à la composante tangentielle du poids P. Cette condition étant supposée remplie, la somme de toutes les autres forces devra nécessairement être nulle. Mais ces forces se réduisent, d'une part, aux forces positives situées dans l'angle n o D'; de l'autre, aux forces négatives comprises dans l'angle m o c': on aura donc, relativement à l'axe projeté en o,

$$\int_0^b du \int_0^{f_1(u)} v\,dv - m^2 \int_0^b du \int_0^{f_2(u)} v\,dv = 0. \qquad (a)$$

Prenons cet axe pour axe d'équilibre, et conservons au moment ε sa signification précédente; il viendra, pour le moment des forces formant ensemble le système dont la somme est nulle, $\frac{\varepsilon}{\rho}$. Quant au système de forces qui contrebalance l'effet de la composante tangentielle du poids, le moment résultant, par rapport à l'axe d'équilibre, se réduit à la somme des moments des forces correspondantes à l'intervalle okr, ces forces étant d'ailleurs affectées du coefficient $1-m^2$. Cela résulte de ce que, si l'on fractionne chacune des forces comprises dans cet intervalle en deux parties dont le rapport soit $\frac{m^2}{1-m^2}$, et que l'on fasse d'abord abstraction des composantes proportionnelles au facteur $1-m^2$, l'ensemble de toutes les forces comprises entre les parallèles mn, CD, donne, relativement à l'axe o, une somme de moments identiquement nulle, en vertu de l'équation de condition (a) qui fixe la position de l'axe d'équilibre.

Nommons δ la distance kr; le moment des forces qui nous restent à considérer aura pour expression,

$$(1-m^2)\frac{E}{\rho_*}\int_0^b du \int_0^\delta v\,(\delta-v)dv,$$

et l'on devra poser pour l'équilibre de rotation,

$$\frac{\varepsilon}{\rho}-(1-m^2)\frac{E}{\rho_*}\int_0^b du \int_0^\delta v(\delta-v)dv=P(a-x). \qquad (c)$$

On observera que, dans cette équation x, est l'abscisse du point o, déterminé par l'équation de condition (a), tandis que le rayon de courbure ρ s'applique rigoureusement au point r, mais en désignant par ρ' le rayon de courbure de la fibre oo', on a

$$\frac{oo'}{\rho'}=\frac{rr'}{\rho};$$

et l'on en déduit

$$\rho' = \rho\left(1+\frac{ok}{rr'}\right).$$

Or, la fraction $\frac{ok}{rr'}$ est toujours extrêmement petite : elle exprime le changement de longueur dû à l'action directe de la composante tangentielle du poids, et, dans les cas de flexion transversale, loin d'atteindre jamais la valeur extrême 0,0006, qu'elle ne peut dépasser, elle reste beaucoup au-dessous de cette limite; on peut donc, sans erreur appréciable, la négliger par rapport à l'unité, et substituer le rayon ρ au rayon ρ'. Dès lors l'équation (c) devient celle de la courbe suivant laquelle s'infléchit la fibre longitudinale passant par le point o.

10. Dans l'hypothèse $m^2=1$, l'équation (c) se reduit à

$$\frac{\epsilon}{\rho} = P(a-x), \qquad (d)$$

et l'on a en même temps, pour déterminer la position de l'axe d'équilibre, ou, si l'on veut, la situation de la fibre longitudinale à laquelle cette équation peut être appliquée, sans erreur sensible,

$$\int_0^b du \int_0^{f_1(u)} vdv - \int_0^b du \int_0^{f_2(u)} vdv = o. \qquad (e)$$

Tel est le système d'équations généralement adoptées pour le cas de cette hypothèse.

11. Si l'on avait m^2 différent de 1, la quantité δ devrait être déterminée par l'équation de condition

$$\frac{E}{\rho}\left[\delta(\omega'+m^2\omega'') + (1-m^2)\int_0^b du \int_0^{\delta} (\delta - v)dv\right] = P\frac{dy}{ds}, \qquad (h)$$

dans laquelle ω', ω'', expriment respectivement les parties superficielles de la section transversale situées, soit au-dessus, soit au-dessous de l'axe d'équilibre.

On remarquera toutefois qu'en ce qui concerne les intégrales $\int_0^{\delta} v(\delta - v)dv$, $\int_0^{\delta} (\delta - v)dv$, la limite supérieure d'intégration ne peut jamais dépasser $f_2(u)$; toutes les fois donc que l'on aura $\delta > f_2(u)$, il faudra substituer la limite $f_2(u)$ à la limite δ.

12. La forme très-simple à laquelle peuvent se ramener les équations fondamentales, lorsqu'on suppose m^2 égal à l'unité, peut-elle encore être conservée pour des valeurs différentes de ce rapport, ou bien faut-il alors suivre nécessairement la marche très-compliquée que nous venons d'indiquer? C'est ce que nous allons examiner maintenant, et, pour simplifier, nous supposerons qu'il s'agisse d'une pièce rectangulaire fléchie carrément.

Dans ce cas, il est aisé de voir qu'en désignant par h la hauteur de la pièce, par b sa largeur et par h', h'', les distances de l'axe d'équilibre aux fibres extrêmes situées sur les faces convexe ou concave, l'on a

$$h' = \frac{mh}{m+1}, \qquad h'' = \frac{h}{m+1}, \qquad \varepsilon = \frac{m^2}{(m+1)^2} \frac{bh^3}{3} E.$$

Il vient donc, pour toute valeur de δ inférieure à h'',

$$\frac{\varepsilon}{\rho} - (1 - m^2) \frac{E}{\rho} \frac{b\delta^3}{6} = P(a - x),$$

et il s'agit de substituer à cette équation, l'équation plus simple

$$\frac{\varepsilon}{\rho} = P(a - x). \qquad (d)$$

Or, pour que cette subsitution soit permise, il faut que, *dans l'intervalle que l'on considère*, la quantité qu'on néglige ne soit qu'une fraction convenablement déterminée de celle

dont on tient compte. Soit η^3 cette fraction, on devra satisfaire à la relation

$$(1-m^2)E\frac{b\delta^3}{6}<\eta^3\varepsilon,$$

ou, ce qui revient au même, à l'inégalité

$$\delta<\eta h''\sqrt[3]{\frac{2m^2}{1-m}}.$$

On aura d'ailleurs, pour déterminer δ, l'équation de condition (h), qui devient

$$\delta b\left[mh+(1-m^2)\frac{\delta}{2}\right]=\frac{P\rho}{E}\frac{dy}{ds}. \qquad (b')$$

13. En posant $\frac{dy}{dx}=p$, on transforme l'équation (d) en

$$\frac{\varepsilon\,dp}{(1+p^2)^{\frac{3}{2}}}=P(a-x)\,dx;$$

intégrant, et observant que pour $x=0$, $p=0$, il vient

$$\frac{\varepsilon}{1+p^2+p\sqrt{1+p^2}}=\varepsilon-P\left(ax-\frac{x^2}{2}\right);$$

d'où, multipliant haut et bas par $1+p^2-p\sqrt{1+p^2}$,

$$\frac{\varepsilon p}{\sqrt{1+p^2}}=\varepsilon\frac{dy}{ds}=P\left(ax-\frac{x^2}{2}\right),$$

et par suite,

$$\rho\frac{dy}{ds}=\frac{2ax-x^2}{2(a-x)}.$$

En substituant cette valeur dans l'équation de condition (h'), on trouve

$$\delta = -\frac{mh}{1-m^2} + \sqrt{\frac{m^2h^2}{(1-m^2)^2} + \frac{P}{(1-m^2)bE}\,\frac{2ax-x^2}{a-x}},$$

et l'inégalité à laquelle il faut satisfaire, devient

$$\frac{2ax-x^2}{a-x} < \frac{(1-m^2)bE}{P}\,{}_{\eta}h''\sqrt[3]{\frac{2m^2}{1-m}}\left[\frac{2mh''}{1-m} + {}_{\eta}h''\sqrt[3]{\frac{2m^2}{1-m}}\right]$$

D'un autre côté, l'on a, pour la plus grande valeur de P compatible avec la conservation de l'élasticité,

$$P = \mu\frac{\epsilon}{ah''} = \mu m^2(m+1)\,\frac{h''^2bE}{3a};$$

il viendra donc enfin

$$\frac{2ax-x^2}{a(a-x)} < \frac{12\eta}{\mu}\left[4m(1-m)\right]^{-\frac{1}{3}} + \frac{3\eta^2}{2\mu m}\left[4m(1-m)\right]^{\frac{1}{3}};$$

ou, faisant pour abréger

$$\omega = \frac{6\eta}{\mu}\left[4m(1-m)\right]^{-\frac{1}{3}} + \frac{3\eta^2}{2\mu m}\left[4m(1-m)\right]^{\frac{1}{3}},$$

$$\frac{2ax-x^2}{a(a-x)} < 2\omega. \qquad \text{(i)}$$

14. L'inégalité (i), ramenée à la forme

$$\frac{x^2}{a^2} - 2(1+\omega)\frac{x}{a} + 2\omega > \omega,$$

est satisfaite pour toute valeur de $\frac{x}{a}$ inférieure à la racine

$$\frac{x}{a} = 1+\omega-\sqrt{1+\omega^2}.$$

La limite à laquelle on arrive ainsi étant d'autant plus

restreinte que la valeur de ω est plus petite, et cette valeur, à raison de l'influence prédominante du premier des termes qui la composent, étant croissante avec m, dans l'intervalle que l'on considère, il est clair que l'hypothèse la plus défavorable correspond à la plus petite des valeurs qu'on puisse admettre pour m^2.

Nous ferons en conséquence $m^2 = 0{,}50$, et posant

$$\mu = 0{,}0006,\ \eta = 0{,}10,$$

nous trouverons d'abord

$$\omega = 1097{,}9577;$$

nous aurons ensuite, pour la condition qu'il s'agit de remplir,

$$\frac{x}{a} < 0{,}99955.$$

Mais, en prenant $\eta = 0{,}10$, le terme qu'on néglige dans le premier membre de l'équation simplifiée

$$\frac{1}{\rho} = P(a - x),$$

n'est pas la millième partie de celui dont on tient compte. Cette équation, lors même que m^2 différerait notablement de un, peut donc, à moins d'un millième d'erreur, être substituée à l'équation (c), *pour toute l'étendue de la courbe comprise entre l'origine, où* $x = o$, *et le point très rapproché de l'extrémité du solide où l'on a* $x = 0{,}99955a$.

Si l'on remarque maintenant qu'au point $x = a$, le rayon de courbure est toujours infini, on en concluera que la substitution dont il s'agit ne peut, dans aucun des cas d'application, modifier sensiblement le cours de la courbe sur la très-petite étendue comprise entre $x = 0{,}99955a$ et $x = a$.

15. Les calculs qui précèdent supposent implicitement que,

dans l'intervalle compris entre l'origine et la limite à laquelle nous avons été conduit, on a constamment

$$\delta < h''.$$

Voyons si cette inégalité subsiste effectivement. En substituant à δ sa valeur, elle devient d'abord

$$\frac{P}{(1-m^2)bE}\,\frac{2ax-x^2}{a-x} < h''^3 + \frac{2mhh''}{1-m^2};$$

puis, en remplaçant P par sa valeur maximum,

$$\mu\,\frac{2ax-x^2}{a(a-x)} < 5\left[\frac{1-m}{m^2}+\frac{2}{m}\right].$$

Le premier membre de cette nouvelle inégalité est toujours croissant avec x, tandis que le second décroît quand m augmente. Or, pour $m=1$ et pour $x=0{,}9999a$, $\mu=0{,}0006$: elle se réduit à

$$5{,}9999994 < 6.$$

Donc, en général, on a toujours

$$\delta < d'',$$

pour toute valeur de x inférieure à $0{,}9999a$.

16. Les résultats que nous venons de faire ressortir s'appliquent essentiellement aux barres rectangulaires fléchies dans le sens de l'une de leurs dimensions transversales. On comprend toutefois qu'ils subsisteraient également, sauf quelques modifications sans importance, pour des formes ou des dispositions différentes. Nous admettrons donc que, dans tous les cas d'application que nous avons en vue (les fibres longitudinales qui rencontrent l'axe d'équilibre dans les diverses sections étant supposées droites avant la flexion), *on peut toujours poser, comme suffisamment approchées, les équations fondamentales* :

$$\int_o^b du \int_0^{f'(u)} v dv - m^2 \int_o^b du \int_0^{f_2(u)} v dv = o,$$

$$\frac{\delta}{\rho} = P(a-x).$$

17. Les fibres longitudinales dont la première de ces équations fixe la position, et dont la seconde détermine l'infléchissement, *éprouvent un changement de longueur* dû à l'action de la composante tangentielle du poids P. Ce changement de longueur peut être considéré comme éprouvé simultanément, et de la même manière, par toutes les fibres situées dans une même section normale; mais, en général, il est modifié par l'effet de la courbure, tandis qu'il subsiste *sans altération* pour les fibres placées sur l'axe d'équilibre. Dans la suite, nous ferons abstraction de ce changement de longueur. Il convient donc de démontrer *qu'il est toujours permis de n'en pas tenir compte.*

Reprenons l'équation générale de condition (h),

$$\frac{E}{\rho}\left[\delta(\omega' + m^2\omega'') + (1-m^2)\int_0^b du \int_0^{\delta} (\delta - v)\, dv\right] = P\frac{dy}{ds}.$$

Nous en déduisons immédiatement

$$\frac{\delta}{\rho} < \frac{P}{E(\omega' + m^2\omega'')}\frac{dy}{ds}.$$

Mais, si l'on désigne par ds' la longueur que prend l'élément ds sous l'action de la composante dont il s'agit, on a

$$\frac{ds' - ds}{ds} = \frac{\delta}{\rho},$$

et l'on peut écrire

$$ds' - ds < \frac{Pdy}{E(\omega' + m^2\omega'')}.$$

Il vient donc, en nommant a' la longueur primitive de la pièce,

$$s'-a' < \frac{Pf}{E(\omega'+m^2\omega'')}.$$

Observons que la flèche maximum correspondante aux limites de l'élasticité, est nécessairement moindre dans ce cas que dans celui de la flexion circulaire. On a donc

$$f < \mu \frac{a'^2}{2h''}.$$

Quant à P, on supposera la section rectangulaire comme on l'a fait précédemment, et, prenant pour ce facteur la plus grande valeur qu'il puisse atteindre, on aura, *à fortiori*,

$$\frac{s'-a'}{a'} < \mu^2 \frac{m}{6} < 0{,}00000006.$$

Le changement *total* de longueur éprouvé par les fibres *dites invariables*, est donc assez petit pour que l'on puisse toujours en faire abstraction. Voyons s'il en est partout de même de l'allongement *élémentaire* de ces mêmes fibres, en tant que *partagé par toutes les autres fibres*, il contribue à *accroître* ou *à diminuer* la fatigue qui résulte, *pour elles*, de l'infléchissement.

Nous avons

$$\frac{\partial}{\rho} < \frac{P}{E(\omega'+m^2\omega'')} \frac{dy}{ds},$$

et

$$\frac{dy}{ds} = \frac{P}{2\varepsilon}(2ax-x^2);$$

éliminant $\frac{dy}{ds}$ et substituant à P sa plus grande valeur, il viendra, comme tout à l'heure, pour la section rectangulaire,

$$\frac{\partial}{\rho} < \mu^2 \frac{m}{6} \frac{2ax-x^2}{a^2};$$

et, dans le cas le plus défavorable,

$$\frac{\delta}{\rho} < \mu^2 \frac{m}{6} < 0{,}0001\,\mu$$

$\frac{\delta}{\rho}$ est la mesure du changement de longueur éprouvé par chaque élément correspondant des fibres *dites invariables ;* cet allongement qui, pour chacune des autres fibres, augmente ou atténue l'effet qu'elles subissent spécialement par suite de la courbure, est donc toujours négligeable par rapport à μ, limite supposée des changements de longueur, relativement aux fibres qui, dans la flexion, éprouvent la plus grande fatigue.

18. De tout ce qui précède nous concluons que l'hypothèse d'une inégalité entre les résistances à l'extension et à la contraction, peut être considérée, pourvu qu'elle demeure comprise entre certaines limites (ces limites s'étendent au moins de $m'=2$ à $m'=0{,}50$), comme n'apportant, à la théorie de la flexion transversale, d'autres modifications que celles qui résultent de l'introduction du facteur m' dans l'expression du moment d'élasticité et dans l'équation de condition relative à la détermination de l'axe d'équilibre.

Peut-être pensera-t-on que nous aurions pu admettre *à priori* ce principe essentiel; mais, toutes les fois qu'on ne procède pas rigoureusement, des doutes peuvent s'élever sur l'exactitude des résultats auxquels on arrive, et, pour en apprécier la portée, il est indispensable de connaître le degré d'approximation des formules qu'on emploie. Cette considération nous a guidé constamment, et comme il s'agissait d'une recherche dans laquelle le fait à constater pouvait dépendre de très-petites différences existant entre des nombres donnés par le calcul et des mesures prises directement, nous avons cru devoir nous efforcer de restreindre autant que possible les causes d'incertitude.

19. La courbe d'infléchissement ayant pour équation différentielle

$$\frac{\epsilon}{\rho} = P(a-x),$$

on peut, en général, négliger, dans l'intervalle que l'on considère, le carré de $\frac{dy}{dx}$ par rapport à l'unité, et poser en conséquence

$$\epsilon \frac{d^2y}{dx^2} = P(a-x).$$

Intégrant et déterminant les constantes, on trouve successivement :

$$\epsilon \frac{dy}{dx} = P\left(ax - \frac{x^2}{2}\right),$$

$$\epsilon y = P\left(\frac{ax^2}{2} - \frac{x^3}{6}\right);$$

et désignant par $\text{tang}\varphi$ la valeur de $\frac{dy}{dx}$ au point $x=a$,

$$\text{tang}\varphi = \frac{Pa^2}{2\epsilon},$$

$$f = \frac{Pa^3}{3\epsilon}.$$

On a d'ailleurs

$$ds = dx\sqrt{1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2} = dx\left(1+\tfrac{1}{2}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right);$$

et pour $x=a$,

$$s-a = \frac{P^2a^5}{15\epsilon^2}.$$

20. Les résultats auxquels on arrive ainsi sont trop faibles, mais dans une proportion moindre que la fraction

$(1+\tan g^2\varphi)^{\frac{5}{2}}-1$. Pour juger grossièrement du degré d'approximation qu'on obtient en faisant usage de ces formules, nous observerons que la plus grande valeur admissible pour P est donnée par l'équation de condition

$$\frac{P\,a}{\varepsilon}=\frac{\mu}{h''}.$$

—La plus grande valeur correspondante de tang φ est donc

$$\tan g\,\varphi=\frac{\mu a}{2h''}<\mu\,\frac{a}{h};$$

soit $\frac{a}{h}=300$, $\mu=0{,}0006$, il vient

$$\left(1+\mu^2\frac{a^2}{h^2}\right)^{\frac{5}{2}}-1=0{,}049.$$

Cette limite est très-peu resserrée; mais le plus souvent $\frac{a}{h}$ est tout au plus égal à 50, et l'on trouve alors

$$\left(1+\mu^2\frac{a^2}{h^2}\right)^{\frac{5}{2}}-1=0{,}00135.$$

Dans ce dernier cas, les erreurs à craindre seraient sans importance.

21. Quoi qu'il en soit, les indications précédentes ne sont qu'approximatives, et il convient d'opérer avec plus de rigueur. Reprenons l'équation différentielle de la courbe d'infléchissement, et posant $\frac{dy}{dx}=p$, mettons-la sous la forme :

$$\frac{\varepsilon\,dp}{(1+p^2)^{\frac{3}{2}}}=P(a-x)dx.$$

En intégrant, comme nous l'avons précédemment indiqué (n° 13), nous aurons d'abord

$$\frac{\varepsilon\,p}{\sqrt{1+p^2}}=\frac{P}{2}(2ax-x^2),$$

et nous en déduirons

$$p = \frac{dy}{dx} = \sqrt{\frac{\frac{P}{2}(2ax-x^2)}{t^2 - \frac{P^2}{4}(2ax-x^2)^2}}.$$

Il viendra donc, pour $x = a$,

$$\text{tang } \phi = \sqrt{\frac{\frac{P a^2}{2t}}{1 - \frac{P^2 a^4}{4 t^2}}};$$

et posant, pour abréger, $\beta = \frac{P a^2}{2t}$,

$$\text{tang } \phi = \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta^2}} = \beta\left[1 + \frac{\beta^2}{2} + \frac{1}{2}\cdot\frac{3}{4}\cdot\beta^4 + \text{etc.}\right],$$

$$dy = \sqrt{\frac{\beta\left[2\frac{x}{a} - \frac{x^2}{a^2}\right]dx}{1 - \beta^2\left[2\frac{x}{a} - \frac{x^2}{a^2}\right]^2}}.$$

Faisons $1 - \frac{x}{a} = \sin t$, nous trouverons, en développant,

$$dy = -a\,dt\left[\beta\cos^2 t + \frac{1}{2}\beta^2\cos^4 t + \frac{1}{2}\cdot\frac{3}{4}\cdot\beta^5\cos^{11} t + \text{etc.}\right];$$

et par conséquent

$$f = a\int_{\frac{\pi}{2}}^{t} dt\left[\beta\cos^2 t + \text{etc.}\right] = a\left[\frac{1}{3}\cdot\frac{\beta}{1} + \frac{4.6}{5.7}\cdot\frac{\beta^2}{3} + \frac{6.8.10}{7.9.11}\cdot\frac{\beta^5}{5} + \text{etc.}\right].$$

On trouverait de même

$$s = a\left[1 + \frac{4}{5}\frac{\beta^2}{3} + \frac{6.8}{7.9}\frac{\beta^4}{5} + \frac{8.10.12}{9.11.13}\frac{\beta^6}{7} + \text{etc.}\right].$$

Toutes ces séries sont, en général, très-convergentes, et elles permettront toujours de déterminer tang ϕ, f, et s, avec tel degré d'approximation qu'on voudra.

Pour en juger, plaçons-nous de nouveau dans l'hypothèse extrême $\frac{a}{h} = 300$, laquelle donne, pour maximum correspondant de β, 0,18. Si nous comparons dans ce cas les valeurs exactes aux valeurs approchées, nous voyons que celles-ci ne diffèrent des premières que d'une fraction de leurs valeurs respectives,

$$\text{moindres que} \begin{cases} 0{,}017 \text{ pour tang } \phi, \\ 0.012 \text{ pour f}, \\ 0{,}02 \text{ pour s}-a. \end{cases}$$

22. En prenant dans chaque série un terme de plus, on aurait des valeurs qui seraient approchées à moins d'un demi-millième d'erreur. *On peut donc, dans tous les cas d'application, poser simplement*

$$\text{tang } \Phi = \beta\left(1 + \frac{\beta^2}{2}\right) = \frac{Pa^2}{2\varepsilon}\left(1 + \frac{P^2a^4}{8\varepsilon^2}\right);$$

$$f = \frac{2}{3}a\beta\left(1 + \frac{12\beta^2}{35}\right) = \frac{Pa^3}{3\varepsilon}\left(1 + \frac{3P^2a^4}{35\varepsilon^2}\right);$$

$$s - a = \frac{4}{15}a\beta^2\left(1 + \frac{12\beta^2}{21}\right) = \frac{P^2a^5}{15\varepsilon^3}\left(1 + \frac{3P^2a^4}{21\varepsilon^2}\right).$$

Il arrivera même le plus souvent qu'il suffira de s'arrêter au premier terme, ce qui coïncide avec les formules généralement adoptées.

23. Nous avons vu, dans la flexion circulaire, qu'on pouvait, en général, ne pas tenir compte de la différence existant entre

par exemple, que, pour une flexion effectuée dans le sens de la diagonale, ε est représenté par le nombre proportionnel 69307, tandis qu'il le serait par 68640, si la flexion avait lieu dans le sens de l'un des côtés. Quoi qu'il en soit, ces deux nombres sont trop rapprochés pour que la différence des effets qui correspondraient à des valeurs intermédiaires pût être rendue sensible et décisive.

Des expériences faites sur des pièces carrées ou rectangulaires ne peuvent donc satisfaire à la condition que nous voulons remplir, et il est évident que la section circulaire n'y satisfait pas davantage. On reconnaît d'ailleurs, par le calcul, que le rapport de deux quelconques des valeurs que prend ε dans ces différents cas, est *à peu près* indépendant de m, *pour l'intervalle que l'on considère.*

Les indications que nous venons de donner expliquent en partie pourquoi les expériences faites sur la flexion transversale ne fournissent aucun moyen de fixer la position de l'axe d'équilibre.

26. Occupons-nous maintenant de la forme triangulaire, à laquelle nous sommes naturellement conduit (1).

Soit A B C (fig. 4), un triangle rectangle fléchi dans le sens du côté vertical BC, de telle façon que les fibres du sommet B soient étendues, et celles de la base CA contractées. Soit mn l'axe horizontal d'équilibre, z sa distance au point B, b et h la base et la hauteur du triangle, on aura :

1° pour le triangle mnB. . . . .
$$\begin{cases} \int_0^{mn} du \int_0^{f_1(u)} v\,dv = \dfrac{bz^3}{6h}; \\ \int_0^{mn} du \int_0^{f_2(u)} v^2\,dv = \dfrac{bz^4}{12h}; \end{cases}$$

(1) M. Duleau a constaté, pour le fer forgé, qu'une barre prismatique ayant pour section transversale un triangle équilatéral, résistait de la même manière à la flexion, lorsqu'elle reposait, soit sur une arête, soit sur une face. (*Essai théorique et expérimental sur la résistance du fer forgé*, page 26).

2° pour le rectangle mncd. . . . .

$$\begin{cases} \int_0^{mn} du \int_0^{f_2(u)} v\,dv = \dfrac{bz(h-z)^2}{2h}; \\ \int_0^{mn} du \int_0^{f_2(u)} v^2\,dv = \dfrac{bz(h-z)^3}{3h}; \end{cases}$$

3° pour le triangle mAd. . . . . .

$$\begin{cases} \int_0^{b-mn} du \int_0^{f_2(u)} v^2\,dv = \dfrac{b(h-z)^3}{3h}; \\ \int_0^{b-mn} du \int_0^{f_2(u)} v^3\,dv = \dfrac{b(h-z)^4}{4h}. \end{cases}$$

L'équation de condition, relative à la détermination de l'axe d'équilibre, deviendra donc :

$$\frac{bz^3}{6h} - m^2\left[\frac{bz(h-z)^2}{2h} + \frac{b(h-z)^3}{3h}\right] = 0;$$

ou, en réduisant,

$$(1-m^2)\left(\frac{z}{h}\right)^3 + m^2\left(3\frac{z}{h} - 2\right) = 0;$$

et l'on aura en même temps

$$\varepsilon_1 = E\frac{b}{12h}\left[z^3 + m^2(z+3h)(h-z)^3\right];$$

ou, simplifiant en vertu de l'équation de condition,

$$\varepsilon_1 = \frac{m^2}{4}bh^3\left(1-\frac{z}{h}\right)^3 E.$$

Soit d'abord $m^2=1$; il vient

$$\frac{z}{h}=\frac{2}{3} \quad \varepsilon'=\frac{1}{3}\cdot\frac{bh^3}{12}\cdot E.$$

Soit ensuite $m^2=0{,}50$; on trouve

$$\frac{z}{h}=\sqrt[3]{1+\sqrt{2}}+\sqrt[3]{1-\sqrt{2}}=0{,}39607,$$

$$\varepsilon_1=0{,}24474\frac{bh^3}{12}E;$$

et il est clair que ces résultats s'appliquent à un triangle quelconque ABD, fléchi dans le sens de sa hauteur.

27. Si les fibres du sommet sont contractées au lieu d'être étendues, on obtiendra la nouvelle équation de condition en remplaçant, dans celle que nous avions tout à l'heure, m^2 par $\frac{1}{m^2}$. Quant à la valeur correspondante de ε_2, on devra faire la même substitution dans l'expression précédente de ε_1, et multiplier le résultat par le facteur m^2. On a ainsi

$$(1-m^2)\left(\frac{z}{h}\right)^3-3\frac{z}{h}+2=0,$$

$$\varepsilon_2=\frac{bh^3}{4}\left(1-\frac{z}{h}\right)^2E.$$

En posant $m^2=1$, on retrouve les mêmes valeurs que ci-dessus; mais pour $m^2=0{,}50$, il vient

$$\frac{z}{h}=-1+\sqrt{3}=0{,}73205,$$

$$\varepsilon_2=0{,}21539\frac{bh^3}{12}E.$$

28. Il résulte de là que, dans la première hypothèse ($m^2=1$), la position de l'axe d'équilibre et la valeur du moment d'élasticité sont indépendants de la direction dans laquelle la flexion a lieu, tandis que, dans la seconde ($m^2=0{,}50$), l'axe d'équilibre se déplace et le moment d'élasticité varie dans le rapport de 1,136 à 1.

Si donc, prenant un prisme triangulaire, on le fait fléchir dans le sens de la hauteur de la section transversale, de manière que le poids et le bras de levier, à l'extrémité duquel il agit, restant les mêmes, les fibres du sommet soient successivement étendues et contractées, il arrivera, suivant que la véritable valeur à adopter pour m^2 *est* 1 *ou* 0,50, *que les flèches observées seront égales, ou qu'elles différeront d'environ* 14 *pour* 100.

29. La divergence que présentent ces résultats est assez tranchée, pour que l'expérience que nous venons d'indiquer permette de reconnaître immédiatement si l'une ou l'autre des deux valeurs extrêmes de m^2 est ou n'est pas admissible. Mais peut-être n'est-elle pas suffisante pour fixer d'une manière précise, la position de l'axe d'équilibre? Nous trouverons à cet égard un moyen de constatation plus satisfaisant dans la comparaison des données que peuvent fournir *l'extension directe et la flexion transversale* D'UNE MÊME PIÈCE *rectangulaire*.

30. Soit une pièce prismatique rectangulaire fléchie carrément, on aura, en général, pour des flexions paraboliques,

$$f = \frac{Pa^3}{3\varepsilon} = \frac{(m+1)^2}{m^2}\,\frac{Pa^3}{bh^3E},$$

et, par conséquent,

$$E = \frac{(m+1)^2}{m^2}\,\frac{Pa^3}{bh^3f}. \qquad (1)$$

D'un autre côté, si l'on soumet *la même pièce* à l'extension directe, et que l'on nomme λ l'allongement observé pour la longueur L, sous l'action du poids ϖ, il viendra

$$E = \frac{\varpi L}{\lambda b h^3}; \qquad (o)$$

et éliminant E entre les équations (o) et (l),

$$\frac{mh}{m+1} = h' = \sqrt{\frac{Pa^3\lambda}{\varpi L f}}, \qquad (p)$$

ce qui permet de déterminer h', ou la position de l'axe d'équilibre, avec le même degré d'approximation que celui apporté dans la mesure directe des quantités λ et f.

Dans le cas de la flexion circulaire, on a *rigoureusement*

$$E = \frac{3}{2}\frac{(m+1)^2}{m^2}\frac{M(a^2+f^2)}{bh^3f}, \qquad (r)$$

$$h' = \sqrt{\frac{3M\lambda(a^2+f^2)}{2\varpi L f}}, \qquad (q)$$

et l'on peut, en général, négliger f^2 par rapport à a^2.

31. La distance de l'axe d'équilibre à la face convexe étant donnée par les formules (p) et (q) du numéro précédent, on remarquera que l'on a d'ailleurs

$$m = \frac{h'}{h''} = \frac{h'}{h-h'}.$$

Il viendra donc

$$m^2 = \frac{h'^2}{(h-h')^2}; \qquad (x)$$

et, puisque l'on peut calculer h' à l'aide des données que fournissent respectivement l'extension directe et la flexion transversale, il sera toujours facile de déterminer par ce moyen la valeur correspondante du rapport m^2.

32. Pour juger de l'avantage que présente ce mode d'expérimentation, nous imaginerons que l'on ait déterminé la valeur de E par extension directe. Si, reprenant alors la pièce éprouvée, on la soumet à la flexion transversale, on trouvera pour expression de ce même coefficient,

$$E = \frac{(m+1)^2}{m^2}\, k,$$

et suivant que l'on posera $m^2=1$ ou $m^2=0{,}50$, il viendra

$$E = 4\,k, \text{ ou bien } E = 5{,}8284\,k.$$

Ces deux valeurs étant entre elles le rapport de 1 à 1,4571, on en conclut que, si l'on se sert pour la détermination de E de la formule usuelle

$$E = 4\,k,$$

la valeur ainsi obtenue sera exacte dans l'hypothèse $m^2=1$, et elle devra coïncider avec celle que donne l'extension directe, tandis que, dans l'hypothèse $m^2=0{,}50$, elle serait trop faible de 45,71 pour 100.

On trouve de même que, pour une différence de 0,01 dans la valeur de m^2, à partir de $m=1$, les valeurs correspondantes de E diffèrent de 0,005.

33. Deux moyens se déduisent des considérations précédentes pour la détermination du rapport m^2 : l'un dépend uniquement de la flexion transversale, et il permet de prononcer sûrement entre les deux hypothèses extrêmes ; l'autre, plus précis, dépend à la fois de la flexion transversale et de l'extension directe : il accuse d'une manière plus tranchée l'influence des diverses positions que peut prendre l'axe d'équilibre, et il fixe avec une approximation suffisante celle des valeurs correspondantes de m^2 qu'il convient d'adopter.

ARTICLE IV.

Moyens employés pour reconnaître la position de l'axe d'équilibre et déterminer la valeur du rapport existant entre la résistance à l'extension et la résistance à la contraction.

PREMIÈRE SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

Flexion de pièces prismatiques triangulaires.

34. Cette première série d'expériences a généralement été conduite de la manière suivante :

La pièce d'épreuve était encastrée horizontalement à l'une de ses extrémités, au moyen d'un étau en bois à joues verticales et d'une fourrure. [Voir l'appareil projeté, 1° sur un plan perpendiculaire à l'axe de la pièce (fig 5), 2° sur le plan horizontal de la table support (fig. 6).]

La base de la section triangulaire était placée verticalement, et la flexion s'effectuait dans un plan horizontal, à l'aide d'un fil, d'une poulie et d'un poids; un fil *mn*, tendu suivant la direction initiale de la pièce, servait à la fois de repère et d'axe des abscisses pour la mesure des flèches dans les deux sens.

Ces dispositions avaient essentiellement pour but de permettre, en restant au-dessous des limites de l'élasticité, d'obtenir des flèches assez grandes pour que les différences correspondantes à l'hypothèse $m^2 = 0{,}50$, ne pussent échapper à l'observation. Elles remplissaient parfaitement cette condition; mais elles ont présenté quelques inconvénients qui ont nécessité des précautions particulières. La poulie donnait lieu à un frottement qui s'ajoutait à l'action du poids ou la diminuait à volonté. On pouvait ainsi obtenir pour la flèche,

dans chaque cas déterminé, une série de valeurs comprises entre deux limites extrêmes. Pour se rendre indépendant de cette cause d'erreur, on prenait la moyenne entre la plus grande et la plus petite des valeurs compatibles avec l'état d'équilibre : c'est cette moyenne qui figure dans les résultats rapportés ci-après. Nous indiquerons d'ailleurs, pour l'un d'eux, comment on vérifiait directement l'exactitude de ce procédé.

L'encastrement latéral ne pouvant réaliser les conditions présumées de l'encastrement théorique, il arrivait qu'au bout d'un certain temps, quelquefois assez court, les flèches tendaient à croître progressivement. Dans ce cas, lorsque l'action du poids cessait, la pièce abandonnée à elle-même ne revenait pas immédiatement au point de départ indiqué par le repère fixe : elle restait en deçà à une certaine distance, et tendait à s'en rapprocher graduellement. Ces effets s'expliquent très-simplement par le déplacement d'une partie des fibres comprises dans la section d'encastrement. Pour éviter qu'ils se manifestassent, il suffisait d'opérer avec promptitude et de mesurer la flèche *instantanée*. On plaçait, en conséquence, un repère fixe à l'extrémité de la courbe décrite, et la pièce abandonnée à elle-même, après quelques instants d'arrêt, revenait à sa position initiale. Du reste, cette précaution n'était pas absolument nécessaire : on pouvait y suppléer en retranchant de la flèche totale, la flèche observée au moment du retour. En effet, on a remarqué constamment que la flèche était toujours sensiblement la même, lorsqu'elle était mesurée entre deux positions immédiatement successives, correspondant, l'une à l'action du poids, l'autre à la réaction subite des différentes parties de la pièce, rendue tout à coup libre.

Nous ajouterons, pour ce qui concerne la première série d'expériences, qu'il n'y a pas eu lieu, en réalité, de se préoccuper de cette distinction entre les flèches progressives et les flèches instantanées, si ce n'est au début, alors qu'on avait cru

pouvoir se contenter de moyens d'encastrement moins énergiques que celui auquel nous avons eu recours ultérieurement et que nous avons indiqué ci-dessus.

Règle de chêne.

35. La première règle triangulaire que nous ayons essayée, était en chêne du nord. La section transversale présentait la forme d'un triangle isoscèle ayant $0^m,05$ de base sur une hauteur variable entre $0^m,006$ et $0^m,0065$.

Longue de $2^m,40$, cette règle n'aurait pu fléchir sous son propre poids et dans le sens de sa plus petite dimension, sans danger d'altération d'élasticité. Encastrée de manière que la plus grande dimension de la section transversale fût placée verticalement, elle avait assez de raideur pour rester à peu près horizontale sur toute son étendue. Néanmoins le changement de longueur éprouvé par les fibres les plus fatiguées, pouvait déjà être évalué à 0,0001 pour la section d'encastrement, et il convenait d'en tenir compte.

36. La flèche correspondante au maximum de fatigue compatible avec la conservation de l'élasticité, ayant pour expression

$$f = \mu \frac{a^2}{3h''},$$

nous poserons $a=2$, $h''=0,004$, $\mu=0,0003$, et nous aurons pour limite supérieure,

$$f = 0^m,10.$$

Ayant pris un poids de 10 grammes, que nous avons fait agir à 2^m de la section d'encastrement *normalement* au dernier élément de la courbe, nous avons trouvé, dans les deux sens, une flèche instantanée de $0^m,10$.

La différence entre les deux flèches que nous avons ainsi obtenues, *s'il y en avait une*, n'était *certainement* pas

de 0^m002. Le résultat s'accorde donc avec l'hypothèse $m^2=1$, et il rend inadmissible l'hypothèse $m^2=0,50$, à laquelle aurait dû correspondre une différence de $0^m,0136$.

37. L'encastrement dont nous nous sommes servi pour cette première expérience n'étant pas satisfaisant, bien qu'on dût considérer son influence comme agissant de la même manière dans les deux sens, nous avons serré les vis de rappel, et, substituant au poids de 10 grammes un poids moitié moindre, nous avons fait agir la nouvelle charge *perpendiculairement à la ligne de repère* mn.

Cette expérience, repétée un grand nombre de fois, et renouvelée avec les moyens plus complets d'encastrement dont nous avons dès lors fait exclusivement usage, a constamment donné des résultats identiques, soit que la flexion étendit, soit qu'elle comprimât les fibres du sommet. Dans chaque sens la plus petite flèche instantanée a toujours été de $0^m,047$, la plus grande de $0^m,049$.

En adoptant pour la valeur moyenne $0^m,048$, nous avons admis que la différence entre cette valeur et les valeurs extrêmes était due à l'effet du frottement. Pour vérifier directement ce fait, nous avons remarqué que, les flèches étant proportionnelles aux poids qui les produisent, un millimètre de différence sur 48 correspondait sensiblement à un décigramme sur 50, et nous avons conclu qu'en ajoutant deux décigrammes au poids de 5 grammes, lorsque la flèche était de $0^m,047$, nous devions la porter immédiatement à $0^m,049$ et pouvoir la maintenir à $0^m,051$. C'est effectivement ce que nous avons constaté, et il était superflu d'apporter à cette vérification une précision plus grande, puisque nous ne répondions pas des mesures directes à moins d'un quart de millimètre d'erreur.

Quoi qu'il en soit, les flèches instantanées obtenues dans les deux sens doivent être considérées comme ayant eu constamment pour valeur approchée, à moins de $\frac{1}{200}$, $0^m,048$, et la différence *non accusée*, qui pourrait exister entre elles, n'a

pu dépasser un demi-millimètre, tandis que nous eussions dû en trouver une de six millimètres au moins, dans l'hypothèse $m^2=0,50$.

38. L'imperfection des moyens d'encastrement, et *surtout* l'inégalité d'équarrissage de la règle, ne permet pas qu'on puisse déterminer avec certitude la valeur de E correspondante aux flèches observées ; cependant on s'écartera peu de la vérité en posant

$$h = 0^m,00625,\ b = 0,05,\ m = 1,\ f=\frac{Pa^3}{3\varepsilon};$$

ce qui donne d'abord

$$\varepsilon = \frac{bh^3}{36}E,$$

et par suite, en faisant $a = 2$, $P = 0,005$, $f = 0,048$,

$$E = 819200000.$$

Règle de sapin.

39. La seconde règle triangulaire que nous ayons soumise à la flexion transversale, était en sapin d'harmonie de Suisse. Ce bois avait vingt ans de coupe ; il était complétement sec et dans un état parfait de conservation.

La section transversale, exécutée avec beaucoup de soin, avait $0^m,007$ de hauteur sur $0^m,06$ de base ; la longueur était de $1^m,883$ et le poids total de $194^g,9$, ce qui donne pour densité 0,493, et pour poids sur l'unité de longueur, $103^g,50$.

En agissant à $1^m,80$ de la section d'encastrement, on pouvait obtenir, pour un changement maximum de longueur représenté par μ, une flèche

$$f=\mu\frac{a^2}{3h''};$$

ou posant $a = 1,80$, $h'' = \frac{2}{3}0,007$, $\mu = 0,0003$,

$$f = 0,06943.$$

40. Nous avons pris d'abord un poids de 10 grammes, que nous avons placé *à environ* $1^m,80$ de la section d'encastrement : la flèche obtenue dans les deux sens a été, pour chacun d'eux, de $0^m,0288$. Le poids ayant été doublé et porté à 20^g, la flèche est devenue $0^m,0576$, et, dans les deux sens, elle a conservé cette même valeur, sans qu'on ait pu constater aucune différence.

On a remarqué, en faisant cette expérience, que la règle n'était pas parfaitement droite : légèrement concave du côté de la base, elle présentait au milieu une flèche de $0^m,0014$. Cette circonstance ne pouvait influer sur les résultats, et l'on voit qu'ils s'accordent avec ceux précédemment obtenus.

La fourrure dont on s'est servi pour encastrer la règle de sapin ne faisant pas corps avec cette règle, il nous a été impossible de fixer, avec une précision suffisante, la position réelle de la section d'encastrement. Nous ne pouvons donc pas déterminer E à l'aide des données précédentes.

41. Pour se rendre indépendant des effets de l'encastrement, on a prolongé la règle de sapin, en fixant, à chacune de ses extrémités, une aiguille passant par le centre de gravité de la section transversale ; puis faisant reposer ces aiguilles sur deux points fixes situés dans un même plan horizontal, on a abandonné la pièce à l'action de son propre poids (fig. 8).

Les flèches ont été mesurées d'une extrémité de la pièce à l'autre, et l'on en peut répondre à moins de $0^m,0001$ d'erreur.

La flexion ayant lieu d'abord de telle façon que les fibres du sommet étaient étendues, la flèche a été de $0^m,0247$.

En retournant la pièce sur ses pivots, on a changé le sens de la flexion : les fibres du sommet ont été contractées, celles de la base étendues, et l'on a eu pour flèche correspondante, $0^m,022$.

L'inégalité de ces flèches provient de la courbure de la pièce. En effet, si l'on veut faire abstraction de cette courbure, il faut retrancher de la première flèche $0^m,0014$, et ajouter cette même quantité à la seconde. On a alors :

1° pour le cas où les fibres du sommet sont étendues, $f=0^m,0233$;
2° pour le cas où ces fibres sont contractées, $f=0^m,0234$.

On peut donc encore admettre que ces flèches sont égales et ont pour valeur moyenne $0^m,03335$.

42. Nommant $2a$ la longueur totale de la pièce, p son poids sur l'unité de longueur, $2(a+\delta)$ l'intervalle des appuis, on trouve très-approximativement, pour la flèche mesurée sur la longueur $2a$ comprise entre les extrémités,

$$f = \frac{pa^3}{2\varepsilon}\left(\delta + \frac{5a}{12}\right).$$

Dans l'expérience dont nous venons de rendre compte, on avait $p=0^k,1035$, $a=0^m,9415$, $\delta=0^m,03$, $f=0^m,02335$.
Il viendra donc, dans l'hypothèse $m^2=1$,

$$\varepsilon = \frac{1,715}{3.10^5}\,E;$$

et l'on en déduira par substitution,

$$E=1366324500_k.$$

43. Voulant obtenir des résultats plus tranchés que ceux du n° 41, on a suspendu la pièce aux points A, A′, situés sur une même horizontale et distants entre eux de $1^m,80$; les tiges de suspension étaient en fer et supportaient en LL′ une règle horizontale à laquelle était adapté un repère n o, (fig 9); deux poids, de $0^k,50$ chacun, avaient été placés initialement en A et en A′, où ils n'exerçaient aucune action sur la flexion de la pièce, ce dont on pouvait s'assurer au moyen du repère n o, dont l'extrémité affleurait le milieu de la face concave.

Tout étant ainsi disposé, on avançait en même temps les deux poids de A et A′ en B et B′, de manière à leur faire parcourir sur la règle une longueur de $0^m,20$; l'abaissement du milieu de la règle au-dessous du point o était mesuré avec soin, et il donnait la flèche due à l'action du poids.

Cette expérience a été répétée plusieurs fois, en plaçant la règle tantôt dans un sens, tantôt dans le sens opposé, et de manière que la base de la section transversale fût alternativement étendue et contractée. Les flèches mesurées à moins de $0^m,0001$ ont été les mêmes dans les deux sens, et constamment égales à $0^m,05$. Cette expérience est donc aussi décisive que celles des n°s 37 et 40.

44. On remarquera que, bien qu'aucun signe n'ait indiqué la moindre altération de l'élasticité, les changements de longueur de la fibre la plus fatiguée se sont élevés jusqu'à 0,00085 environ.

En effet, si l'on considère d'abord l'action due au poids de la pièce sur une longueur de $1^m,80$, on trouve que la charge uniformément répartie sur cette étendue, équivaut, sous le rapport de la fatigue, à l'effet d'un poids de $46^k,575$ agissant à la distance de $0^m,90$. On a donc, pour le plus grand changement de longueur correspondant,

$$\mu' = \frac{2}{3}\,0{,}007\,\frac{0{,}9.0{,}046575}{\varepsilon} = 0{,}00025,$$

ayant pour valeur 0,7810823, conformément au résultat du n° 42.

Quant aux couples résultant de l'action des poids placés en BB', ils tendent à produire une flexion circulaire et donnent lieu, dans tout l'intervalle BB', à des changements de longueur représentés, pour les fibres extrêmes, par

$$\mu'' = \frac{2}{3}\,\frac{h_M}{\varepsilon} = 0{,}000597.$$

Les deux flexions ayant lieu dans le même sens, leurs effets s'ajoutent, et l'on voit que nous avons dépassé la limite $\mu = 0{,}0006$. Ce cas est le seul où nous ayons couru le risque d'altérer l'élasticité du bois.

45. Pour calculer E d'après les données du n° 43, nous nommerons ϖ les poids agissant en B, B', $2a$ l'intervalle B'B, d la

distance horizontale B'A' = AB, p le poids de la règle sur l'unité de longueur, a' et d' les valeurs initiales de a et d.

La flèche *totale* aura pour expression très-approchée

$$\frac{\varpi d}{6\varepsilon}\left[2d^2+6ad+3a^2\right]+\frac{5p}{24\varepsilon}(a+d)^4;$$

et celle due à la seule action de la charge uniformément répartie,

$$\frac{5p}{24\varepsilon}(a'+d')^4.$$

On aura d'ailleurs, entre les quantités a, a', d, d', les relations suivantes :

$$\varepsilon \tang\varphi=\frac{\varpi}{2}(d^2+2ad)+\frac{p}{3}(a+d)^3,\quad d\sqrt{1+\tang^2\varphi}=d',$$

$$a=a'-\frac{a'^3}{6}\left(\frac{M}{\varepsilon}\right)^2.$$

Admettant d'abord pour ε la valeur qui résulte de l'expérience précédente (n° 42), on vérifie qu'à moins de 0,001 d'erreur, on peut prendre $a' = 0^m,70$, $d' = 0,20$, et l'on conserve, à fort peu près, le même degré d'approximation en posant $a = 0,699$, $d = 0,198$, puisque ces valeurs, substituées dans les équations de condition, donnent

$$d = 0,1982,\quad a = 0,6991.$$

Soit f la flèche observée, il viendra, d'après ce qui précède,

$$\varepsilon f=\frac{\varpi d}{6}\left[2d^2+6ad+3a^2\right]-\frac{5p}{24}\left[(a'+d')^4-(a+d)^4\right]$$

$$=\frac{1}{24}\left[0,940350708-0,004504527\right];$$

et l'on en déduira, en faisant $f = 0^m,05$,

$$E = 1364200000\ ^k.$$

46. Ce résultat, qui coïncide à très peu près avec celui du n° 42, confirme d'une manière très-satisfaisante ceux précédemment obtenus, et il ajoute à l'autorité des preuves que nous a fournies la flexion transversale.

En conséquence, nous croyons pouvoir déjà conclure :

1° Que si les résistances à l'extension et à la contraction ne sont pas identiquement les mêmes, elles diffèrent très-peu néanmoins ;

2° Que l'hypothèse $m^2 = 0,50$ est complétement inadmissible.

DEUXIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES.

Extension directe et flexion transversale de pièces prismatiques rectangulaires.

47. Dans cette seconde série d'expériences, les deux barres essayées étaient rectangulaires, l'une en chêne, l'autre en sapin, toutes deux parfaitement dressées, de droit fil dans toute leur étendue, et de dimensions tout à fait uniformes.

Chacune d'elles était successivement soumise à l'extension directe et à la flexion transversale. Pour la flexion, on faisait usage des moyens décrits ci-dessus ; pour l'extension, l'appareil était disposé comme il suit :

48. Trois pièces inclinées s'appuyant à leurs bases sur les trois sommets d'un triangle équilatéral, venaient se réunir, avec articulations, à leurs extrémités supérieures, où elles supportaient un crochet en fer.

La barre à éprouver était saisie à chacun de ses bouts par un étau à main, dont les machoires, fortement serrées contre la règle, au moyen d'une vis, pénétraient un peu dans l'é-

paisseur du bois, qu'elles comprimaient. Des anneaux avec articulation double complétaient les étaux et permettaient, d'une part, de suspendre la barre au crochet de retenue, d'autre part, d'adapter à sa partie inférieure un plateau destiné à recevoir les charges progressives. Les articulations avaient pour but de faciliter le maintien constant de l'axe de la pièce dans la verticale passant par le centre de gravité des poids. Cette précaution, qui n'avait pas été prise au début, a été reconnue, sinon nécessaire, du moins très-utile.

La pièce essayée s'allongeait uniformément dans tout l'intervalle compris entre les étaux. On mesurait les changements de longueur sur une étendue de 2^m; mais, comme des mesures directes n'auraient pu offrir une précision suffisante, on augmentait, au moyen d'un levier, les effets produits. Voici d'ailleurs comment était disposée cette partie essentielle de l'appareil.

Un couteau d'acier, dont la queue traversait la règle, était placé normalement à l'une des faces, et fixé dans cette position au moyen d'un écrou. Un second point d'attache était pris à la distance de 2^m, mesurés suivant l'axe, et l'on y fixait de la même manière une coulisse verticale en cuivre, dans laquelle se mouvait, à l'aide d'une vis de rappel, une petite pince.

Une aiguille en fer, rivée à angle droit sur une plaque de cuivre et présentant à sa base une échancrure, était placée sur le couteau d'acier. Pour la maintenir parfaitement en équilibre dans toutes ses positions (un arrêt inférieur faisant obstacle au glissement, et la rotation s'effectuant autour de la ligne de contact de la plaque et du couteau), on la centrait au moyen de deux contre-poids mobiles sur des tiges à vis, et placés, l'un en a, au-dessus de la plaque et dans l'axe de l'aiguille, l'autre en b, dans le plan d'affleurement où se trouvaient à la fois l'axe de rotation et les points d'attache de deux fils dont il nous reste à parler (Voir fig. 11).

Le premier de ces fils était en fer. Retenu à l'une de ses extrémités par la pince e, il venait aboutir à la face inférieure

de la base de l'aiguille, et il s'y trouvait fixé par le rapprochement d'un appendice mobile, que des vis rendaient susceptible d'un certain écart, sans qu'il cessât d'affleurer le plan de cette base. Ce fil était dirigé parallèlement à l'axe de la pièce, et en son milieu, à une distance de $0^m,01$ environ.

Le second fil était en soie ; fixé d'une manière analogue, mais de l'autre côté du couteau, il supportait un poids et déterminait dans le fil de fer une tension *constante*.

A l'extrémité de l'aiguille se trouvait un cadran gradué. Un repère placé sur la règle permettait d'apprécier le chemin parcouru.

Le fil de fer employé primitivement était de la grosseur d'environ $0^m,00014$, et il arrivait que le chargement et le déchargement du plateau inférieur ne pouvaient s'effectuer sans donner lieu à des oscillations prolongées. Cet inconvénient était assez grave, et il nous détermina à prendre du fil de fer de $0^m,0008$ environ de diamètre, que nous redressâmes avec soin et que nous fîmes aplatir en lame mince à ses extrémités. Dès lors l'inconvénient des oscillations disparut, et l'aiguille, lorsqu'elle était dérangée accidentellement de sa position d'équilibre, ne tardait pas à y revenir et à s'y arrêter.

La distance, entre l'axe de rotation et l'extrémité de l'aiguille, était de $0^m,50$; celle comprise entre ce même axe et le point d'attache du fil de fer, devait être de $0^m,01$; mais en réalité elle s'est trouvée de $0^m,0102$.

Les changements de longueur, extrêmement petits, opérés sur la longueur de 2^m, comprise entre la tige de retenue du couteau d'acier et celle de la coulisse en cuivre, étaient donc accusés avec une augmentation de 5000 pour 102, soit environ 49 pour 1.

L'appareil que nous venons de décrire constituait, sous le rapport des changements de température, un véritable thermomètre différentiel. Pour éviter les causes d'erreur qui pouvaient résulter de cette disposition, on a fait en sorte

d'avoir une température constante pendant la durée de chaque épreuve, et l'on a rejeté les résultats qui ne satisfaisaient pas à cette condition.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Règle en chêne du nord.

49. Cette règle avait $2^m,3375$ de longueur et $0^m,0503$ sur 0,009 d'équarrissage ; son poids total était de $701^k,50$, ce qui donne pour densité 0,663 et pour poids sur l'unité de longueur, $300^k,10$.

50. Soumise à l'extension directe, elle a fourni les résultats suivants.

POIDS.	LECTURES A L'EXTRÉMITÉ de L'AIGUILLE.	DIFFÉRENCES.	OBSERVATIONS.
60 kil.	$0^m,0000$		Les lectures à l'extrémité de l'aiguille présentent, en général, pour les cotes intermédiaires, une incertitude de $0^m,0001$ à 0,0002. La facilité avec laquelle cette règle cédait à l'extension directe, et la nécessité où l'on se trouvait de procéder par différences de 40 kil., divisés en deux poids de 20 kil. chacun, placés symétriquement et satisfaisant, autant que possible, à la condition de ne pas déplacer le centre de gravité, n'ont pas permis de conduire ces expériences avec toute la régularité désirable. Lorsqu'on enlevait les poids, l'aiguille revenait à son point de départ. Les plus grands changements de longueur n'ont pas atteint la limite 0,0006.
		$0^m,0108$	
100	0,0108		
		0,0107	
140	0,0215		
		0,0105	
180	0,0320		
		0,0080	
210	0,0400		
40	0,0070		
		0,0106	
80	0,0036		
		0,0105	
120	0,0141		
		0,0107	
160	0,0248		
		0,0138	
210	0,0386		
20	0,0040		
		0,0110	
60	0,0070		
		0,0110	
100	0,0180		
		0,0107	
140	0,0287		
		0,0106	
180	0,0393		

D'autres essais ont été tentés, et ils ont constamment reproduit les mêmes nombres. D'après l'ensemble des résultats obtenus, nous pensons qu'à moins de $\frac{1}{200}$ d'erreur, on peut prendre $0^m,00537$ pour changement de longueur accusé par l'aiguille et correspondant à la tension de 20^k.

51. La valeur du coefficient E peut se déduire de cette expérience, au moyen de la formule du n° 30,

$$E=\frac{\varpi\, l}{\lambda b h^3},$$

dans laquelle on devra poser $\varpi = 20$, $l = 2$, $b = 0{,}009$, $h=0{,}0503$ et $\lambda=0{,}0204.0{,}00537$, ce qui donne

$$E=806575000^k.$$

52. La même règle ayant été encastrée horizontalement (fig. 12), on l'a fait fléchir suivant la verticale, en la chargeant à son extrémité d'un poids de 500^g agissant à 2^m de distance de la section d'encastrement.

La règle et les joues de l'étau étaient en contact sur une hauteur de $0^m,0503$ et sur une longueur de $0^m,108$. En même temps qu'on faisait agir le poids d'épreuve, on plaçait de l'autre côté de l'étau, et à $0^m,1514$ en arrière, un contre-poids de 5^k, afin de faire passer la résultante par le *milieu* des joues.

La flèche instantanée était de $0^m,018$, à moins de $0^m,001$. Cette flèche croissait au bout d'un temps assez court et pouvait atteindre la valeur $0^m,0186$; mais, dans ce cas, lorsque l'action des poids cessait, la règle ne revenait pas immédiatement à son point de départ et elle restait en deçà d'environ $0^m,0006$. Cet effet s'explique facilement comme nous l'avons déjà indiqué ; mais l'on doit observer, en outre, que les fibres extrêmes étant libres sur presque toute l'étendue des faces du dessus et du dessous, elles devaient nécessairement participer à la flexion, ce qui pouvait être considéré comme équivalent au transport de la section d'encastrement à une certaine

distance en arrière, moindre que 0^m054. Il résulte de là qu'en posant $a=2$ pour $f=0^m,018$, on prend une valeur *trop faible*, tandis qu'on aurait au contraire une valeur *trop forte* en faisant $a=2^m,054$, lors même qu'il s'agirait de la flèche $0^m,0186$.

53. Pour comparer le résultat de cette expérience à celui fourni par l'extension directe, nous prendrons la formule (p) du n° 30,

$$h' = \sqrt{\frac{Pa^3\lambda}{\varpi L f}},$$

et conservant pour ϖ, L, λ, les valeurs données ci-dessus, nous ferons $P = 0^k,50$. On trouve ainsi, en substituant,

1° pour $a=2$ et $f=0,018$, $h'>0^m,02467$;

2° pour $a=2,054$, $f=0,0186$, $h'<0^m,02532$;

or, pour $m=1$, on devrait avoir $h'=0^m,02515$,

on voit donc que cette valeur est comprise entre les limites que nous venons de fixer. Elle diffère d'environ 2 pour 100 de la limite inférieure et se rapproche beaucoup de la limite supérieure.

54. Nous aurions pu resserrer ces limites, en diminuant l'étendue de la zone de contact de la règle et de l'étau ; mais nous avons préféré recourir à la flexion circulaire et dégager l'expérience des causes d'incertitude que nous avons signalées tout à l'heure.

L'expérience fut disposée comme nous l'avons indiqué n° 45, mais avec cette différence, que l'intervalle compris entre les points de suspension était de 2^m, et que les poids formant le couple agissaient en dehors, à une distance de $0^m,16$ exactement mesurée après la flexion.

Cette règle résistait dans le sens de sa plus grande dimen-

sion transversale, et chacun des poids placés à ses extrémités était de 10^k.

De petites plaques en cuivre, percées en leur milieu d'un petit trou conique et portant à chaque angle une pointe d'acier normale à leur plan, étaient fixées sur la règle, et elles formaient avec des étaux à main, dont les machoires se terminaient en cône aigu, le système de suspension inférieure.

La flèche au milieu, mesurée avec une grande précision et à moins de $\frac{1}{500}$ d'erreur, était de $0^m,0104$. A $0^m,50$ de distance du milieu, et de chaque côté, les flèches étaient de $0^m,0078$, ce qui se concilie très-bien avec la flexion en arc de cercle, puisque dans ce cas (le carré f^2 étant négligeable par rapport à $a^2=1$), la différence entre ces deux flèches doit être le quart de la plus grande, et l'on a effectivement

$$0,0104-0,0078=0,0026=\tfrac{1}{4}0,0104.$$

55. Au moyen de ces données, il sera facile de calculer la valeur de h'. La flexion étant circulaire, on prendra la formule (q) du n° 30, et, négligeant f^2 par rapport à a^2, ce qui ne peut influer sur les décimales de l'ordre que l'on considère, on écrira plus simplement

$$h'=\sqrt{\frac{5Ma^2\lambda}{2\varpi Lf}},$$

Faisons $a=1$, $M=1,6$, $f=0,0104$, et conservons à λ,ϖ,L leurs valeurs précédentes; nous trouverons ainsi,

$$h'=0^m,02514,$$

résultat, qui s'accorde aussi bien que possible avec l'hypothèse $m=1$ (voir n° 53).

56. Dans cette hypothèse, on a, pour déterminer E, la formule

$$E = \frac{6a^3M}{fh^3b},$$

et l'on en déduit par substitution,

$$E = 807645000^k.$$

En comparant cette valeur à celle du n° 51, on reconnaît qu'elle n'en diffère que d'une quantité moindre que celle qui peut correspondre aux erreurs de l'observation.

Si d'ailleurs on recourt à la formule (t) du n° 31, et que l'on y pose, conformément aux résultats qui précèdent, $h = 0^m,0503$, $h' = 0^m,02514$, on trouve

$$m^3 = \left(\frac{2514}{2516}\right)^3 = 0,99841,$$

ce qui confirme ce que nous avons dit précédemment de la véritable valeur à assigner à ce rapport.

Les changements de longueur éprouvés par la règle de chêne, dans la flexion transversale, n'ont point dépassé, dans le premier cas, 0,00034, et, dans le second, 0,00052. L'élasticité est demeurée parfaite.

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Règle en sapin rouge de Riga.

57. Cette règle avait $2^m,339$ de longueur et $0^m,05$, sur 0,0092 d'équarrissage. Son poids total était de $758^k,70$, ce qui donne pour densité 0,705, et pour poids sur l'unité de longueur, $324^k,37$.

58. Soumise à l'extension directe, elle a fourni les résultats suivants :

POIDS.	LECTURES A L'EXTRÉMITÉ de L'AIGUILLE.	DIFFÉRENCES.	OBSERVATIONS.
60 kil.	$0^m,0125$		Les épreuves ont été répétées un grand nombre de fois. Au début, les articulations des étaux de suspension n'étant pas assez libres, la marche n'était pas parfaitement régulière pour les premières charges; mais bientôt elle le devenait, et l'on a constamment obtenu un allongement de $0^m,0055$ pour l'extension correspondante à l'action directe de deux poids de 20 k. chacun, placés symétriquement sur le plateau, de manière à ne pas changer la position du centre de gravité, et à éviter toute espèce de choc ou de déplacement brusque. Lorsqu'on déchargeait le plateau, l'aiguille revenait immédiatement au point de départ. Les plus grands changements de longueur n'ont pas atteint 0,0005.
		0,0055	
100	0,0180		
		0,0055	
140	0,0235		
		0,0055	
180	0,0290		
		0,0055	
220	0,0345		
		0,0055	
260	0,0400		
		0,0055	
300	0,0455		
20	0,0030		
		0,0055	
60	0,0085		
		0,0055	
100	0,0060		
		0,0055	
140	0,0115		
		0,0055	
180	0,0170		
		0,0055	
220	0,0225		
		0,0055	
260	0,0280		
		0,0055	
300	0,0335		

Ces deux épreuves ont été faites avec le plus grand soin. Elles confirment pleinement l'hypothèse généralement admise de la proportionnalité existant entre les changements de longueur et les forces qui les produisent.

L'ensemble des résultats obtenus ayant constamment présenté la plus grande concordance, nous croyons qu'à moins de $\frac{1}{500}$ d'erreur, on peut prendre $0^m,0055$, pour changement de longueur accusé par l'aiguille et correspondant à la tension de 40^k.

59. En conséquence, nous poserons

$$\varpi=40,\ \iota=2,\ b=0{,}0092,\ h=0{,}05,\ \lambda=0{,}0204.0{,}0055,$$

et, faisant usage de la formule

$$E=\frac{\varpi\iota}{\lambda bh},$$

nous aurons

$$E=1550027000^{k}.$$

60. La même règle ayant été encastrée horizontalement, on l'a fait fléchir suivant la verticale, en la chargeant à son extrémité du poids de 1^{k} agissant à 2^{m} de la section d'encastrement.

Les circonstances de cette épreuve sont les mêmes que celles de l'essai fait sur la règle de chêne et rapporté n° 52. Ici seulement le contre-poids a dû être porté à 10^{k}.

La flèche instantanée était de $0^{m},0185$. Au bout d'un temps très-court (une fraction de minute), elle atteignait la valeur $0^{m},0189$.

61. Il résulte de ces données que si, reprenant la formule

$$h''=\sqrt{\frac{Pa^{3}\lambda}{\varpi\iota f}},$$

on fait $P=1^{k}$, il viendra,

1° pour $a=2$ et $f=0^{m}0185$, $h'>0{,}02463$;

2° pour $a=2{,}054$ et $f=0{,}0189$, $h'<0{,}02536$;

or, dans l'hypothèse $m=1$, on devrait avoir $h'=0{,}025$; on voit donc que cette valeur, comprise entre les limites que nous venons de fixer, ne diffère de l'une ou de l'autre, que de 1,44 pour 100.

62. Les considérations précédemment exposées nous ont fait recourir, pour la règle de sapin comme pour la règle de chêne, à la flexion circulaire. L'expérience a été conduite ainsi que nous l'avons indiqué n° 54; mais ici les poids placés aux extrémités de la règle étaient chacun de 20^k, et les bras de levier des couples correspondants avaient exactement 0^m17 de longueur.

La flèche mesurée au milieu, et prise à moins de $\frac{1}{500}$ d'erreur, a été trouvée de 0^m01145. A 0,50 de distance du milieu, et de chaque côté, les flèches étaient à très-peu près de $0^m,0086$.

Ce résultat s'accorde aussi bien qu'on peut le désirer avec la flexion en arc de cercle. On a, en effet,

$$0,01145 - 0,0086 = 0,00285 = \tfrac{1}{4}0,01145 - 0,0000125.$$

63. La position de l'axe d'équilibre s'obtiendra, comme au n° 55, à l'aide de la formule

$$h' = \sqrt{\frac{5Ma^2\lambda}{\varpi 2Lf}},$$

où l'on fera $a=1$, $M=3,4$, $f=0,01145$, ϖ, L et λ, conservant les valeurs du n° 59. On trouve en opérant ainsi,

$$h' = 0,02499.$$

Il suit évidemment de là qu'on peut poser $m=1$, et qu'on doit rejeter toute autre valeur sensiblement différente. Si d'ailleurs on recourt de nouveau à la formule (t) du n° 31, et que l'on y pose $h=0,05$, $h'=0,02499$, on trouve

$$m^2 = \left(\frac{2499}{2501}\right)^2 = 0,9984,$$

ce qui s'accorde avec l'énoncé précédent.

64. La valeur du coefficient E déduite, pour $m=1$, de la dernière expérience, devient

$$E = 1549270000^k,$$

et l'on voit qu'elle coïncide, à fort peu près, avec celle que nous a fournie l'extension directe, n° 59.

Les plus grands changements de longueur éprouvés par la règle de sapin, dans la flexion transversale, ont été, pour le premier cas, de 0,00035, et pour le dernier, de 0,00057. L'élasticité est demeurée parfaite.

OBSERVATION.

65. On remarquera que les expériences comparatives, résultant de l'extension directe et de la flexion transversale circulaire, peuvent être considérées comme entièrement dégagées de toutes causes d'erreur ou d'incertitude, autres que celles qui proviennent de l'observation; or, ces expériences sont tout à fait décisives en faveur de l'hypothèse $m = 1$, et les résultats obtenus dérivent de mesures assez précises pour qu'il n'y ait pas lieu d'admettre aucune autre interprétation; il paraît donc prouvé que la véritable valeur à assigner au rapport m^2 est, ou l'unité, ou un nombre qui n'en diffère pas sensiblement.

ARTICLE V.

Conclusion générale de la première partie.

66. De l'ensemble des faits constatés dans la double série d'expériences exposées ci-dessus, nous croyons être en droit de conclure :

1°. Que les hypothèses sur lesquelles repose la théorie généralement adoptée pour la flexion transversale du bois, et les calculs qui en dérivent, s'accordent d'une manière tout à fait remarquable avec les faits expérimentaux;

2°. Que les résistances à l'extension et à la contraction doivent, pour des changements égaux de longueur, *opérés dans*

les limites de l'élasticité, être considérées, sinon comme identiques, au moins comme ne différant pas d'une quantité appréciable;

3°. Que la flexion transversale offre des moyens simples, commodes et très-précis, pour la détermination du coefficient proportionnel E;

4°. Que, dans la pratique, il y a lieu de recourir à l'emploi de ces moyens, pour constater directement, dans chaque cas particulier, la résistance des bois qu'on doit employer, la valeur moyenne de cette résistance ne pouvant, sans erreur notable, être représentée, comme on le fait habituellement, par un seul et même nombre applicable à tous les cas.

67. Nous ajouterons, en ce qui concerne spécialement la flexion circulaire, qu'elle nous paraît éminemment propre à fixer les limites de l'élasticité, élément dont la connaissance précise serait nécessaire pour compléter, sous le rapport pratique, la théorie de la flexion transversale. Le caractère essentiel de la flexion circulaire consiste en ce que, pour des solides prismatiques, les fibres situées à égale distance de l'axe d'équilibre éprouvent, en chacun de leurs points, des tensions ou des contractions égales. A cet égard, elles sont dans le même cas que si elles étaient soumises à l'action directe d'un effort exercé suivant l'axe de la pièce. On conçoit dès lors que la plus petite altération de l'élasticité se manifestant à la fois sur toute l'étendue de l'une des faces concave ou convexe, elle peut être immédiatement accusée par un changement de forme appréciable. On voit de même que, si l'on arrive par des efforts continuement progressifs à produire ainsi une première altération permanente, il suffit de quelques traits de scie transversaux, effectués sur la surface convexe, pour diminuer ou accroître cette altération, suivant qu'elle affecte les fibres étendues ou les fibres contractées. De là le moyen de fixer, pour chacune des deux résistances que l'on a à considérer, les limites entre lesquelles elle peut être mise en jeu sans inconvénient.

Nous nous proposons de poursuivre ces recherches, dans le but et suivant le mode que nous venons d'indiquer. En attendant, il pouvait être utile d'appeler sur ce procédé, que nous croyons nouveau, l'attention des expérimentateurs. Tel est l'objet de cette observation.

68. Une dernière remarque, relative à la flexion circulaire, nous a été suggérée par la lecture du traité du colonel Émy sur l'art de la charpenterie. En signalant les difficultés que présente la courbure des bois en arc de cercle, et les inconvénients qui résultent des procédés usuels, l'auteur indique (tome I, page 200) un moyen particulier, qui, s'il était aisément praticable, permettrait dans tous les cas d'atteindre le but qu'on se propose; mais ce moyen rencontrerait, dans l'exécution, des obstacles qu'on ne pourrait guère surmonter, tandis qu'au moyen d'un couple et de la flexion circulaire qui en résulte naturellement, il paraît *extrêmement simple et facile* de courber comme on voudra toute espèce de bois. Bien qu'il s'agisse ici d'une application pratique qui nous paraît avoir un certain degré d'utilité, nous n'insisterons pas sur ce point, par le motif qu'il suffit en quelque sorte d'avoir signalé cette propriété des couples, pour que chacun puisse aisément concevoir et faire exécuter les dispositions les plus propres à réaliser, *commodément et à peu de frais*, la courbure en arc de cercle, suivant tel rayon qu'on jugera convenable.

NAVIGATION FLUVIALE.

MÉMOIRE SUR L'AMÉLIORATION DU RUPEL;

PAR M. ALPH. BELPAIRE,

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES.

CHAPITRE PREMIER.

DESCRIPTION DU RUPEL ET DE SES COURANTS.

1. *Description du Rupel.* — Le Rupel est formé par la réunion de la Nèthe et de la Dyle. Il porte dans l'Escaut les eaux de la province entière du Brabant et de la presque totalité de la Campine, et constitue un des affluents les plus considérables de ce grand fleuve de notre pays. Il communique à Willebroeck avec le canal de Bruxelles, réunit ainsi l'Escaut avec ce canal et avec celui de Charleroy, et, plus loin encore, avec la Sambre et la Meuse.

2. *Description de la Nèthe.* — La Nèthe est formée des eaux de la grande et de la petite Nèthe, qui se réunissent à Lierre. Elle établit une communication navigable entre l'Escaut et le canal de Lierre à Herenthals, qui vient d'être ouvert par la canalisation de la petite Nèthe.

3. *Description de la Dyle.* — La Dyle reçoit les eaux du Demer et de la Senne. A son confluent avec cette rivière, se

trouve l'entrée du canal de Louvain, qui communique à l'Escaut par la Dyle et le Rupel.

4. Quatre grands canaux de notre pays communiquent donc, d'une manière plus ou moins directe, avec le Rupel, et, par son intermédiaire, avec l'Escaut.

5. *Influence de la marée.* — Le Rupel, la Nèthe et la Dyle, sont soumis tous trois à l'action de la marée. Cette action exerce une très-grande influence sur leur régime. C'est elle qui donne au Rupel des dimensions croissantes depuis son origine jusqu'à son embouchure dans l'Escaut. C'est encore elle qui creuse le lit de la Nèthe et de la Dyle, et qui leur donne une largeur et un tirant d'eau, qui, quoique moindres que dans le Rupel, suffisent pourtant aux besoins de la navigation. Sans l'action de la marée, la section du Rupel et celles de la Nèthe et de la Dyle, seraient réduites aux dimensions que le courant descendant des eaux supérieures serait capable d'y entretenir en agissant seul. Il est facile de se convaincre de l'énorme réduction que ces dimensions éprouveraient dans ce cas, si l'on se représente quelle est l'exiguité du lit de la Nèthe à Lierre, de celui de la Dyle à Malines, et de celui de la Senne à Vilvorde, endroits où ces trois rivières ne sont soumises qu'à l'action des eaux supérieures, quoiqu'elles y livrent passage à toute la masse des eaux que leur fournit une surface égale au cinquième environ de l'étendue de la Belgique, et qu'elles ne reçoivent plus aucun affluent digne de ce nom jusqu'à leur réunion dans le Rupel. Sans l'action de la marée, il est évident que le Rupel n'aurait pour section que la somme des sections de ces trois affluents aux endroits précités, en sorte qu'il n'est pas douteux que la largeur, la profondeur et le régime du Rupel, de la Dyle jusqu'au confluent de la Senne, et d'une grande partie de la Nèthe, ne soient presque uniquement l'œuvre de la marée.

6. Les courants du flux et du reflux doivent être regardés comme agissant seuls d'une manière efficace sur ces dimensions, tandis que l'action des eaux supérieures, que les

affluents plus éloignés amènent de l'intérieur, est tellement restreinte, qu'elle disparaît presque complétement auprès des causes plus puissantes que la marée met en jeu.

7. Ce principe est d'une grande importance dans la question qui m'occupe. Il est très-essentiel de ne point le perdre de vue dans l'emploi des mesures que l'on croirait propres à améliorer le cours des rivières dont il s'agit, afin de ne pas s'exposer, par des moyens inopportuns, à entraver l'action de la puissance même qui les a créées telles que nous les voyons aujourd'hui.

8. Je le repète, le Rupel est moins une rivière qu'un chenal creusé par l'action du courant ascendant et descendant de la marée ; c'est à l'action du flux et du reflux qu'il doit son existence, et cette action ne pourrait cesser sans que le Rupel fût réduit au cinquième au plus de ses dimensions actuelles. Je vais le montrer. La section de cette rivière, immédiatement en aval du confluent de la Dyle et de la Nèthe, est de 110 mètres carrés à marée basse, tandis qu'elle est de 450 mètres carrés à quelque distance en amont de son embouchure dans l'Escaut. La section du lit est donc réduite à moins du quart, après quelques lieues de distance, seulement par l'affaiblissement graduel qu'éprouvent les courants de la marée en avançant à l'intérieur. Et cependant les courants qui traversent la section réduite sont encore bien loin d'être nuls, de sorte que si l'on considère l'énorme quantité d'eau que le flux et le reflux font passer, quatre fois par jour, au confluent de la Nèthe et de la Dyle, et combien est grande, par conséquent, la part d'action qu'il faut encore attribuer à la marée dans la formation du débouché de 110 mètres carrés que la rivière conserve en cet endroit, on verra que je reste bien au-dessous de la réalité, en disant que la suspension de l'action du flux et du reflux réduirait au cinquième le débouché du Rupel.

9. La considération de la marée, qui est indispensable dans la question présente, y apporte une complication que l'on ne rencontre pas dans les rivières où le courant est constamment

descendant. Il est nécessaire de bien se rendre compte de la manière différente dont le fluide se comporte dans les deux espèces de rivières.

10. Dans les rivières ordinaires, la quantité d'eau qui passe à chaque instant par une même section dépend uniquement de la masse du fluide que fournissent les différents affluents dont la réunion forme la rivière. Cette quantité est indépendante des circonstances que présente le cours de la rivière ; elle est indépendante de toute considération d'hydraulique; elle est indépendante même des obstacles ou des facilités que la main de l'homme pourrait apporter au cours de l'eau. Étant donnée la quantité de liquide que fournissent, dans un temps déterminé, les pluies et les sources dont la rivière s'alimente, on est assuré que, pendant ce même temps, cette même quantité de liquide a dû passer par chaque section de la rivière, quelles que soient d'ailleurs et sa pente, et sa longueur, et ses dimensions, et toutes les autres circonstances de son cours, quels que soient même les obstacles qui l'entravent, car à chacun d'eux le courant forcera l'eau à s'accumuler indéfiniment derrière l'obstacle, jusqu'à ce que l'augmentation de la vitesse du liquide ait compensé la diminution du débouché. En un mot, dans les rivières ordinaires, une quantité d'eau déterminée doit passer : cette obligation est absolue, elle est inhérente à la qualité même de fleuve, et ne pourrait être supprimée sans entraîner l'anéantissement de cette qualité.

11. On conçoit que, dans toutes les questions relatives aux rivières ordinaires, il est une des données, et l'une des plus importantes, qui n'est pas soumise aux modifications naturelles ou artificielles que peut recevoir la rivière, qui est indépendante des circonstances accessoires que la main de l'homme peut ou produire ou faire disparaître : cette donnée, que la nature seule détermine, c'est la quantité d'eau à laquelle la rivière livre passage. Mais il n'en est plus de même dans les rivières où la marée se fait sentir.

12. *Définition de la marée.* — Dans ces rivières, la partie invariable du courant, celle qui est produite par les eaux supérieures, est une si faible portion de la partie variable occasionnée par la marée, que son influence, ainsi que je l'ai déjà établi, disparaît auprès de celle du flux et du reflux. L'action de la marée est double; elle agit alternativement dans deux directions opposées, et elle ajoute ses effets à ceux des eaux supérieures pendant la durée du courant descendant. L'action du reflux est donc toujours un peu plus grande que celle du flux; il est à remarquer d'ailleurs que l'une de ces deux actions ne peut être diminuée sans diminuer l'autre d'une quantité égale, en sorte qu'une diminution quelconque produite sur le flux par un obstacle, quel qu'il soit, opère une diminution double sur l'effet du courant total dans la rivière.

13. Ces principes posés, on comprend de quelle importance il est, dans les rivières sujettes à la marée, d'assurer un libre cours au flux et au reflux, et de faire disparaître les obstacles qui pourraient s'opposer à la marche de ces courants. Les courants de la marée diffèrent essentiellement de celui qui s'observe dans les rivières proprement dites : tandis que ce dernier est nécessaire et supérieur aux obstacles qu'on lui oppose; tandis qu'il fait partie intégrante de la qualité même de rivière, et qu'il est indépendant de toutes les circonstances que son cours peut rencontrer, les courants alternatifs du flux et du reflux, au contraire, sont tout à fait accidentels et susceptibles d'accroissement et de diminution. L'action de la marée n'est point nécessaire et inévitable : elle peut être modifiée, diminuée et même, à la rigueur, annulée par des obstacles naturels ou artificiels; elle peut de même être augmentée par les facilités que l'on offre au libre développement du courant; elle n'est point inhérente à l'idée de rivière; elle pourrait cesser d'agir, sans que pour cela la rivière dût cesser d'exister. Cette différence est très importante, et il est nécessaire, avant d'aller plus loin, qu'elle soit établie d'une manière claire et détaillée.

14. *La marée n'est pas nécessaire et inévitable.* — L'action de la marée dans les rivières n'est point nécessaire et inévitable; on comprend qu'il suffirait, pour anéantir cette action, que le fond se relevât de 3 ou 4 mètres, tout au plus, dans les parties où le flux et le reflux se font sentir. Cet exhaussement est loin d'être impossible; des signes certains montrent, au contraire, qu'il a lieu d'une manière lente, mais incessante, dans les rivières ordinaires, et bien plus encore dans celles qui sont sujettes à la marée. Je me contenterai de citer, pour les rivières ordinaires, l'exemple de la Senne à Bruxelles, dont le lit s'est relevé de plusieurs mètres, depuis l'époque où des repères fixes avaient établi la hauteur du fond, sous le règne de Marie Thérèse. Quant à l'action d'envasement produite par la marée, les exemples sont si fréquents et si concluants, surtout dans notre pays, qu'il est presque superflu de les citer. Les bords de l'Escaut, sur plusieurs lieues de largeur, n'ont été formés que par les dépôts que la marée y apportait. Il y a plus : la Zélande formait autrefois un archipel d'îles nombreuses, séparées entre elles par de larges et profonds courants; aujourd'hui, malgré tout l'intérêt que cette contrée aurait à conserver des voies naturelles si favorables à ses communications et à son commerce, elle doit assister tranquillement à leur ruine; elle est forcée de voir se combler insensiblement tous les bras de mer qui la sillonnaient, sans pouvoir apporter aucun remède à l'action irrésistible de la nature; elle prévoit même, dans un avenir peut-être peu éloigné, l'époque où sa surface entière sera réunie au continent; dans le Rupel lui-même, les bancs nombreux qui, depuis peu d'années, se sont formés dans le lit de la rivière, et qui se sont accrus au point de gêner la navigation; les attérissements qui se montrent dans la Nèthe, et qui en certains endroits barrent le lit sur les deux tiers de sa largeur : tous ces faits indiquent, d'une manière infaillible, l'existence d'une tendance puissante à relever le fond des rivières, et en particulier celui du cours d'eau qui nous occupe.

15. *La marée peut être modifiée et diminuée.*—L'action de la marée peut être modifiée, diminuée et même, à la rigueur, annulée par des obstacles naturels ou artificiels. Pour aller directement à l'extrême, je suppose qu'il soit possible de fermer l'entrée du Rupel par une barrière qui empêche les eaux de la marée d'y entrer, et qui ne permette aux eaux supérieures de s'écouler que lorsque le niveau de la marée dans l'Escaut est plus bas que celui de l'eau dans le Rupel. Dans ce cas, qu'arriverait-il? Évidemment le lit de la rivière ne serait plus soumis qu'à l'action du courant des eaux supérieures; ses dimensions seraient beaucoup trop grandes pour pouvoir être entretenues dans leur état actuel par cette action; des attérissements se formeraient donc; le fond se relèverait, les bords se resserreraient, et, au bout d'un temps plus ou moins long, le régime de la rivière serait devenu tel, que l'obstacle opposé à l'entrée de la marée deviendrait inutile, et qu'il pourrait être enlevé sans que la marée pût encore avoir accès dans la rivière. Cette conséquence extrême que produirait l'exclusion complète du flux, se présente d'une manière partielle, lorsque l'entrée de la marée n'est qu'en partie entravée. Tout obstacle à cette entrée, tout rétrécissement du lit, toute résistance quelconque au libre développement du courant, soit par suite d'un changement brusque dans sa direction, soit par l'effet de travaux destinés à le détourner, toute entrave, en un mot, qui contrarie sa marche, a pour effet inévitable de provoquer des attérissements et de diminuer la section du lit. En effet, pour la marée, il n'est plus permis de dire comme pour le courant descendant des rivières ordinaires, que les eaux doivent passer, quels que soient les obstacles qu'on leur oppose; dans les rivières ordinaires, la vitesse du courant augmente par l'effet même de la résistance; mais ceci n'est plus vrai pour la marée, parce que son action est limitée et dans sa durée et dans sa hauteur, et qu'elle ne peut point obliger les eaux à s'accumuler indéfiniment derrière un obstacle, jusqu'à ce que la pression s'y soit accrue suffisamment

pour compenser la perte d'action que l'obstacle absorbe dans sa lutte contre le courant. Cette accumulation a bien lieu jusqu'à un certain point ; mais, outre qu'elle est bornée dans sa hauteur, il ne faut point perdre de vue que le temps entre comme élément indispensable dans l'action de la marée, et que tout le temps de la lutte du flux contre chacun des obstacles qu'il rencontre, est complétement perdu pour la marche progressive des eaux vers l'intérieur de la rivière. Il s'en suit que toute résistance a pour effet de diminuer l'action du courant de la marée de part et d'autre de cette résistance, et par conséquent de produire des attérissements, non seulement en amont de l'obstacle, mais encore en aval.

16. *L'action de la marée tend à diminuer, à cause de l'envasement.* — Mais d'ailleurs, quand même toutes ces entraves naturelles n'existeraient pas, quand même la main de l'homme n'en ferait point naître d'artificielles, la nature fait agir sans interruption une cause à laquelle il n'est point en notre pouvoir de résister, et qui, par des effets lents et insensibles, conduit au même résultat que le barrage de l'embouchure dont j'ai examiné plus haut l'hypothèse. Cette cause est la tendance à l'envasement ; elle réside dans le courant descendant, qui constitue essentiellement la rivière ; en sorte que celle-ci porte, dans la cause même qui la produit, le germe de celle qui doit l'anéantir en partie. Les envasements des rivières se composent des parties terreuses que le courant a enlevées aux rives dans la partie supérieure de son cours, ou qu'il a reçues des ruisseaux qui lui apportent leurs eaux troubles et chargées du sable ou de la terre que la pluie a enlevée dans les campagnes. Ces terres délayées se déposent ensuite dans les endroits où, par une cause quelconque, la vitesse est moins rapide. La marée contribue puissamment à précipiter les parties solides que l'eau tient en suspens, à cause de l'état de repos qu'elle produit dans le courant à l'époque de la mer étale, soit haute, soit basse. Les dépôts sont plus considérables à la marée haute, parce que la vase

que contiennent les eaux elles-mêmes du flux se joint à celle qui est apportée par la rivière. Il s'ensuit que c'est surtout dans les endroits où la marée trouve accès, que les envasements sont les plus prompts et les plus considérables. Par ce motif, toutes les eaux intérieures sans issue, qui communiquent à la marée, s'envasent très-promptement, et se changent entièrement en terrain solide, à moins qu'une action extérieure ne vienne enlever les dépôts à mesure qu'ils se sont formés. Le même effet se produit, mais à un degré moindre, dans les eaux qui reçoivent de l'intérieur un courant opposé à celui de la marée. Ces eaux tendent aussi à s'envaser; mais l'envasement est plus lent, parce que la durée de l'état de repos du liquide est plus courte. D'ailleurs l'envasement ne peut jamais être complet; il faut toujours que les eaux supérieures conservent un débouché suffisant pour leur écoulement, et, lorsque le lit s'est resserré au point de ne plus conserver que la section strictement nécessaire à l'écoulement de ces eaux intérieures, l'envasement doit cesser, parce que l'action du courant descendant en neutralise à chaque instant les effets. Jusqu'à ce que la section de la rivière se soit rétrécie partout à ce degré, il est inévitable qu'il y ait tendance naturelle à la formation d'alluvions et d'attérissements. Cette tendance est une de ces forces qui proviennent de la nature même des choses; il est très-difficile, et, le plus souvent même, impossible d'y résister avec succès.

17. *Moyens de combattre l'envasement.* — Le moyen le plus simple à employer contre les attérissements, serait de draguer le fond; mais ce moyen est coûteux et peu efficace. Il en est un autre que l'on met en usage pour curer les chenaux des ports de mer : ce procédé consiste dans l'emploi de bassins de retenue et d'écluses de chasse, au moyen desquels on produit dans le chenal un courant artificiel, qui déblaye tous les dépôts qui ont pu s'y former. Cette action, que l'art met en usage dans les ports, est également mise en jeu par la nature dans les rivières où la marée se fait sentir. Les courants as-

cendants et descendants y font réellement l'office des chasses employées dans les ports, et leur action y est d'autant plus efficace, que le cours de la rivière oppose moins d'obstacles à l'entrée du flux et à son libre développement. Cependant ces courants, quelques facilités qu'ils rencontrent, ne sont jamais assez puissants pour vaincre complétement la tendance à l'envasement qui se manifeste dans les rivières; ils ne font qu'affaiblir cette tendance, que rendre son action plus lente; mais l'expérience prouve qu'ils ne parviennent pas à l'annuler. La preuve en est dans la rivière même qui nous occupe.

18. Si l'on examine attentivement le cours actuel du Rupel, de la Nèthe et de la Dyle, on est frappé de l'irrégularité que présente le tracé des digues par rapport aux bords de ces rivières. Cette irrégularité s'explique, en plusieurs endroits, par la circonstance de ruptures que l'on n'a pu fermer que par des contournements en avant ou en arrière de ces ruptures. Mais, à moins de supposer que des ruptures ont eu lieu tous les cent mètres sur le développement total des digues dont il s'agit, il est impossible d'expliquer de cette façon seule les nombreuses sinuosités qui tourmentent le tracé de ces ouvrages de défense. Il faut donc admettre que les digues n'ont été construites, dans l'origine, d'une manière si tortueuse, que parce que le cours de la rivière s'opposait à ce qu'elles fussent établies d'après un tracé plus direct. On doit en conclure que, lors de leur construction, la rivière en baignait ordinairement les pieds, ou au moins qu'ils n'en étaient séparés que par des terrains de peu de largeur, qui se trouvaient inondés à chaque marée. Or, aujourd'hui l'eau n'atteint plus les digues que dans les marées extraordinaires, en sorte qu'il est évident que tout l'espace qui sépare actuellement ces ouvrages du bord de la rivière, se compose d'alluvions apportées par les eaux depuis la construction des digues. Ces alluvions règnent sur tout le développement du Rupel et sur une partie de celui de la Nèthe et de la Dyle; elles se montrent alternativement sur l'une et sur l'autre rive, très-souvent même sur toutes deux à

la fois, et leur largeur atteint, en plusieurs endroits, 100m, et dépasse même quelquefois le double de cette quantité.

19. Ces divers faits démontrent, comme je voulais le prouver, que l'influence des courants qui se succèdent dans le Rupel, la Nèthe et la Dyle, n'est point assez puissante pour vaincre la force qui tend à combler ces rivières. On doit s'attendre, par conséquent, dans un avenir plus ou moins éloigné, à voir cette grande voie fluviale perdre les dimensions étendues qui la rendent si utile à nos communications. Mais, si cette extrémité est inévitable, au moins il n'est pas hors de notre pouvoir d'en retarder l'accomplissement, et, si nous ne pouvons pas donner au courant une puissance supérieure aux causes d'envasement, au moins nous pouvons diminuer ou faire disparaître plusieurs des résistances et des obstacles qui enlèvent en pure perte une grande partie de la force disponible.

20. *Causes de détérioration du régime.* — Il résulte de tout ce qui précède, que les causes immédiates de la détérioration du régime, dans les rivières qui ne doivent leurs dimensions qu'à l'influence de la marée, résident dans les circonstances du cours qui font naître des résistances à la marche des eaux. Ces circonstances sont de diverses espèces. On sait que le mouvement des eaux courantes est principalement retardé par les changements brusques dans la direction du courant, par les rétrécissements subits du canal dans lequel le mouvement a lieu, par les élargissements subits de ce canal, et surtout par les obstacles proprement dits qui reçoivent le choc du fluide, comme les épis, les barrages, etc. Ces diverses circonstances se présentent dans le Rupel; elles y agissent d'une manière défavorable sur le mouvement ascendant et descendant de la marée, et doivent, en conséquence, d'après les principes que j'ai établis plus haut, produire des perturbations nuisibles dans le régime de la rivière. Je vais faire voir qu'en effet elles produisent ces perturbations; je prouverai ainsi *à posteriori* la vérité des principes que j'ai déjà démontrés *à priori*.

21. *Effets des changements de direction du courant.* — Les changements brusques dans la direction du courant produisent des attérissements et enlèvent une grande partie de la force de ce courant. Si l'on examine le cours du Rupel, on remarque que sa direction change plusieurs fois coup sur coup, vers son embouchure. Le même effet a lieu également vers le confluent de la Nèthe et de la Dyle, et il se représente aussi plusieurs fois dans le cours de la Nèthe. Or, dans toutes les courbes où s'opèrent ces changements de direction, il arrive invariablement que la rive concave est rongée sans cesse par le courant, tandis que la rive convexe opposée s'attérit et s'avance dans la rivière. On conçoit quelle énorme quantité de force se trouve ainsi dépensée à chaque instant par le courant, dans son action érosive sur les bords. Cette force est entièrement perdue pour le mouvement; la perte est même souvent d'autant plus grande, que, pour résister à l'effet du courant, on garnit d'épis la rive concave de la courbe, ce qui ajoute à la résistance propre, occasionnée par le changement de direction du courant, toute celle qui provient de ces obstacles au libre cours de l'eau. Les attérissements qui se forment sur la rive convexe ne sont point dangereux en eux-mêmes, parce qu'ils ne peuvent envahir qu'une faible portion du lit; ils sont d'ailleurs peu gênants pour la navigation, parce que le courant porte les navires vers la rive concave, où se trouve la plus grande profondeur du lit; mais, quoique ces attérissements ne soient pas à redouter en eux-mêmes, ils proviennent d'une cause qui est très-nuisible, en ce qu'elle diminue la force du courant, ainsi que je viens de le montrer. Il est difficile de remédier aux effets d'un changement de direction dans le cours de la rivière. Le seul véritable remède serait de redresser le lit; mais ce moyen entraîne des dépenses considérables, et le succès n'est pas toujours assuré, attendu qu'il est impossible de connaître toutes les causes qui peuvent influer sur le régime d'un cours d'eau soumis à tant d'actions différentes. La plus mauvaise méthode serait celle qui consis-

terait à redresser le lit au moyen d'épis placés sur la rive concave, et destinés à rejeter le courant sur la rive opposée. Cette méthode aggraverait le mal, au lieu de le faire disparaître.

22. *Effets des rétrécissements du lit.* — Les rétrécissements naturels ou artificiels du lit de la rivière, ont pour effet de diminuer la quantité des eaux que la marée tend à faire passer au delà de la section rétrécie. Le courant ascendant se trouve ainsi diminué, de part et d'autre de cette moindre section, et par suite, le courant descendant subit le même décroissement d'intensité. Des attérissements sont la conséquence inévitable de la diminution du courant.

Je vais en montrer un exemple frappant dans la Nèthe.

A l'endroit où les courants descendants de la Dyle et de la Nèthe viennent se rencontrer, la vitesse de chacun d'eux se modifie en direction et en même temps en intensité. Cette diminution de vitesse occasionne la formation de dépôts pendant toute la durée du reflux. Lorsque la marée monte, le courant qui cherche à pénétrer dans la Nèthe rencontre l'obstacle naturel que lui offre la barre qui s'est formée pendant le reflux. On doit supposer qu'une grande partie de la force du courant est employée à vaincre cet obstacle; encore n'y parvient-il pas complétement, puisque l'embouchure de la Nèthe se trouve obstruée par un énorme banc, qui longe, sur plus de 600 mètres de longueur, la rive droite du Rupel. Ce banc rétrécit considérablement l'entrée de la Nèthe, et doit singulièrement gêner le mouvement du courant ascendant dans cet affluent. Aussi voit-on que des alluvions considérables se sont formées le long de ses bords, depuis la construction des digues, et qu'aujourd'hui même, de nombreux attérissements empiètent sur la largeur déjà si réduite du lit. Cet effet est d'autant plus nuisible, que si actuellement on voulait rétablir les choses dans leur état primitif, il ne suffirait plus d'ouvrir de nouveau au courant montant un débouché convenable, à l'embouchure de la Nèthe, parce que, comme les attérissements qui se sont formés dans cette rivière en ont diminué grandement

la capacité, l'agrandissement de l'embouchure ne ferait plus entrer dans la rivière la même masse d'eau à laquelle elle donnait passage autrefois, et le courant primitif ne se reproduirait plus avec la même intensité. Il existe une corrélation nécessaire entre la capacité du réservoir et la section de l'embouchure par laquelle ce réservoir doit se remplir. Si l'embouchure est diminuée, le réservoir se comblera, jusqu'à ce que sa capacité soit devenue celle qui convient à la masse d'eau à laquelle l'entrée rétrécie peut livrer passage; et réciproquement, si le réservoir est diminué, l'embouchure, quelque grande qu'on veuille la rendre, ne pourra plus laisser entrer dans le bassin la même quantité d'eau qui s'y précipitait avant que les dimensions en fussent réduites. Il faut bien se garder toutefois de conclure de ce qui précède, qu'il soit inutile de rétablir dans des dimensions convenables l'embouchure de la Nèthe; car, quoique l'on soit assuré que cet élargissement ne rendra pas au courant toute son ancienne vigueur, cependant on est en droit d'espérer que l'on augmentera de beaucoup sa rapidité actuelle, et que l'on parviendra insensiblement à entamer, au moins partiellement, les bancs qui se sont formés en arrière.

23. *Effets des élargissements du lit.* — Je viens d'indiquer les effets nuisibles d'un rétrécissement du lit : l'élargissement de ce lit donne également lieu à de graves inconvénients. Le Rupel présente cette circonstance, vis-à-vis de la commune de Boom. A partir de la limite de cette commune et de celle de Niel, le lit de la rivière s'élargit d'une quantité notable vers l'amont, et cette augmentation de largeur ne cesse qu'au delà des dernières briqueteries situées à l'est de Boom. Cet espace, dont la longueur est d'environ 4000^{m}, contient des attérissements nombreux, non seulement le long des rives, mais dans le milieu même du lit; ces derniers sont doublement nuisibles, en ce qu'ils multiplient les passes et diminuent la profondeur de chacune d'elles. Le remède à cette cause de détérioration de la rivière, est indiqué par la nature même. Les

attérissements qui se forment, montrent d'une manière irrécusable que la section est trop grande pour la quantité d'eau à laquelle elle doit livrer passage. Une tendance naturelle travaille constamment à diminuer cette section. Laisser agir cette force sans direction, est dangereux, parce que le lit s'envase et reprend sur sa profondeur l'excédant de sa largeur. Il faut donc, dans les endroits ou de pareilles circonstances se présentent, que la main de l'homme prenne l'initiative, qu'elle aille au-devant de la tendance que manifeste la nature. Il faut que des moyens artificiels déterminent l'envasement à s'opérer aux endroits où ils ne peuvent point gêner la navigation, c'est-à-dire, en général, le long des rives. Cette disposition permet d'ailleurs de rétrécir la rivière, et de faire disparaître ainsi l'obstacle que présente, au mouvement de l'eau, l'élargissement subit du canal dans lequel elle se meut. On sait que l'expérience a appris qu'un pareil élargissement résiste au mouvement de l'eau comme pourrait le faire un rétrécissement, lorsque la rivière, après s'être élargie, reprend ensuite ses premières dimensions, ce qui est le cas pour l'exemple particulier que je cite.

24. *Théorie de la marée.* — J'ai décrit plus haut le Rupel et ses affluents; j'ai indiqué les divers courants qui se succèdent dans cette rivière et l'influence de chacun d'entre eux; j'ai montré que le plus puissant de ces courants, qui est celui de la marée, tend constamment à diminuer; j'ai énuméré les causes secondaires qui favorisent cette tendance et qui constituent les résistances à la marée : il me reste à décrire en détail le mouvement du flux, à indiquer les forces qui produisent ce mouvement et combattent les résistances dont je viens de faire l'énumération.

Et d'abord, il est essentiel d'établir les faits qui se passent dans la rivière pendant la période ascendante et pendant la période descendante des eaux.

25. *Faits observés.* — A l'instant où la marée est basse dans l'Escaut, à l'embouchure du Rupel, cette dernière rivière,

ainsi que la Nèthe, présentent sur tout leur développement un courant descendant. L'étalité de la marée se fait sentir d'abord à l'embouchure; les eaux y restent pendant quelques instants dans un repos complet, comme on peut l'observer sur les corps qui flottent à la surface ; bientôt un léger courant ascendant se manifeste à cette embouchure, son intensité s'accroît successivement jusqu'à l'époque de la mi-marée, et décroît ensuite insensiblement jusqu'au moment où la marée est haute dans l'Escaut. Alors le courant ascendant redevient nul, et l'embouchure présente de nouveau un repos absolu pendant quelques instants. Tels sont les phénomènes qui se passent à cet endroit, pendant la période ascendante de la marée. Une série de faits analogues a lieu en chacun des points de la rivière; seulement, pour chacun de ces points, l'instant où l'eau commence à monter est d'autant plus éloigné de celui où la même chose a lieu à l'embouchure, que ce point lui-même est plus distant de cette embouchure. Il s'ensuit que l'état de repos que l'on observait à l'entrée du Rupel, au commencement du flux, se déplace successivement en montant vers l'intérieur ; son passage devant chacun des points de la rivière détermine l'instant de la marée basse pour ce point. Toute la partie de la rivière qui se trouve en aval de l'endroit en repos, est animée par un courant ascendant, tandis que la partie en amont présente un courant descendant. Ces deux courants opposés ont pour limite commune la partie étale qui les sépare.

26. Revenons à l'embouchure que nous avons laissée à l'état de repos, à l'instant de la marée haute. Cet état cesse, au bout de quelques moments, et fait place à un courant vers l'Escaut, qui commence par être très-faible, qui va en augmentant jusqu'à l'époque de la mi-marée descendante, qui diminue ensuite graduellement, et devient enfin nul au moment de la marée basse. Un instant après que l'état de repos de la marée haute a cessé de se faire sentir à l'embouchure, ce même état se représente à quelque distance en amont dans

la rivière; il se trouve bientôt à son tour remplacé par un courant descendant, tandis qu'il se reproduit un peu plus loin vers l'intérieur, et ainsi de suite. L'étalité de la marée haute se déplace donc successivement, en se dirigeant vers l'amont, de la même manière que l'avait fait, six heures auparavant, l'étalité de la marée basse. Son passage devant chacun des points de la rivière détermine l'instant de la marée haute pour ce point. Tout ce qui se trouve en aval de cette partie en repos, est animé d'un courant descendant; au contraire, tout ce qui est en amont conserve encore le mouvement ascendant qui s'y était fait sentir aussitôt après l'instant de repos de la marée basse. La rivière se trouve donc de nouveau partagée en deux courants opposés, mais divergents cette fois; ces deux courants ont pour limite commune la partie étale, qui forme entre eux une espèce de point de partage. Dans cette seconde période du mouvement de la marée, la coupe longitudinale de la rivière présente l'aspect d'une immense vague, composée d'une crête où le courant est nul: c'est la partie étale où la marée est haute; de deux versants, offrant, l'un un courant descendant : c'est le versant aval; l'autre un courant ascendant : c'est le versant amont; enfin le pied antérieur de cette vague se trouve à une grande distance vers l'intérieur, le courant y est nul comme sur la crête : c'est la partie étale où la marée est basse. Cet immense système, outre les mouvements divergents et internes que je viens de décrire, paraît posséder en outre un mouvement commun de translation vers l'intérieur, comme semble l'indiquer la marche ascendante de son pied antérieur et de sa crête. Cependant l'état de repos parfait, que présentent les corps qui flottent sur cette crête ou sur ce pied, semble montrer que ce mouvement translatoire est plutôt apparent que réel, et qu'il doit être considéré comme provenant d'un renflement successif de la rivière, en chacun de ses points, de l'aval vers l'amont. Il est probable, en effet, que le mouvement de translation que

l'on observe n'est pas celui d'une même masse d'eau qui glisserait sur la rivière en marchant vers l'amont, mais qu'il provient plutôt de ce qu'à chaque instant la masse d'eau qui est au-dessus du niveau moyen, pesant sur les couches inférieures qui sont sous ce niveau, force celles-ci à aller se relever plus loin; que là, le même phénomène se reproduit, et ainsi de proche en proche; en sorte que le mouvement se réduit à la communication successive d'une pression, produite par la dénivellation, à différentes masses de liquide, qui sont successivement déplacées et rendues au repos immédiatement après. La théorie de ces mouvements ondulatoires, dont la nature offre de nombreux exemples, est fort peu connue; elle est d'ailleurs peu importante dans la question qui nous occupe. Il suffit que l'on sache que la vague que j'ai décrite plus haut, poursuit vers l'intérieur de la rivière sa marche ascendante, jusqu'à ce que la quantité de mouvement dont elle est animée, soit détruite par les résistances et les obstacles qu'elle rencontre, et surtout par l'effort du courant descendant des eaux supérieures, qui se meut dans une direction opposée. On conçoit, d'après cela, que la distance à laquelle la marée se fait sentir dans l'intérieur des terres dépend beaucoup de la violence du courant des eaux supérieures; aussi cette distance est-elle, en général, beaucoup moindre en hiver qu'en été. Ainsi que je viens de le dire, la quantité de mouvement qui anime la marée dans sa marche ascendante, diminue à mesure que la marée s'avance; en même temps, la masse des eaux qui se meuvent diminue aussi à chaque instant; en sorte que la vague décrite ci-dessus se réduit sans cesse, et finit par se perdre insensiblement dans la rivière.

Tels sont, en détail, les principaux faits que l'observation du mouvement de la marée nous découvre. Il me reste à mettre en regard de ces faits, les causes qui les produisent.

27. *Explication des faits précédents.* — A l'instant où le flux commence à l'embouchure du Rupel, l'eau de l'Escaut entre dans cette rivière, poussée par la pression qui résulte

de la différence de niveau entre l'Escaut et le Rupel. Ce premier flot possède en entrant une vitesse due à cette pression; à mesure qu'il pénètre dans le Rupel, il éprouve une suite de résistances provenant, en partie, du frottement qu'occasionnent les rives et le fond, en partie aussi des obstacles qui se présentent dans le lit, en partie enfin de l'action du courant descendant. Les résistances que le premier flot de la marée trouve sur son passage, en entrant dans la rivière, tendent à diminuer, et diminuent, en effet, sa vitesse primitive. Chacun des efforts rétardateurs qu'il rencontre se communique aussitôt à l'embouchure, à cause de la propriété caractéristique des fluides de transmettre dans toute leur masse les pressions exercées sur un de leurs points. Il s'ensuit que la force motrice qui agit à l'embouchure, et qui, au commencement du mouvement, était la pression entière due à la différence de niveau des deux rivières, n'est plus, à chaque instant, que cette pression diminuée de la somme des frottements et des résistances rencontrées par le flot montant dans le Rupel. Cette somme augmente évidemment à mesure que le flot avance; mais comme, d'autre part, la hauteur de la marée dans l'Escaut augmente aussi constamment, les deux causes opposées se combinent à chaque moment, et il résulte de leur réunion une force motrice variable, qui agit dans le même sens, pendant toute la durée du flux. Cette force motrice, comme je viens de le montrer, est d'autant plus grande que les résistances au mouvement de l'eau dans l'intérieur de la rivière sont moindres et moins nombreuses; d'ailleurs, la masse d'eau qui entre dans le Rupel est proportionnelle à l'intensité de la force motrice qui la pousse : donc cette quantité d'eau et, par conséquent, la violence du courant, est d'autant plus grande que la rivière offre moins de résistances au mouvement du flux. Ce résultat est le même que celui auquel je suis déjà parvenu par d'autres considérations : il confirme ce que j'ai dit plus haut sur l'importance qu'il y a d'assurer une marche facile au courant ascendant. L'action qui s'exerce à l'embou-

chure, et le mouvement progressif du flot dans la rivière, se continuent jusqu'au moment de la marée haute dans l'Escaut. A cette époque, les eaux commencent à baisser dans le fleuve, et il s'établit de nouveau une différence de niveau entre l'Escaut et le Rupel; mais, cette fois, en sens contraire de celle qui avait lieu lors du flux. En vertu de cette différence de niveau, l'eau commence à ressortir du Rupel et à se jeter dans l'Escaut; plus loin, en amont, le flot continue toujours à s'avancer vers l'intérieur. Depuis ce moment, les causes du mouvement deviennent plus difficiles à préciser, et il faut se contenter de l'observation des faits que j'ai décrits plus haut.

28. Si, au lieu de considérer les causes du mouvement en un même point, ainsi que je viens de le faire, on suit la marche du flot ascendant, on arrive aux résultats suivants.

Un instant après que l'eau commence à entrer dans le Rupel, la marée est basse et étale, à quelque distance en amont de cette embouchure. L'état de repos que l'on observe en ce point, provient de ce que les deux courants opposés qui viennent s'y rencontrer, se font équilibre pour un moment. La partie antérieure du flot montant se trouve donc un instant réduite au repos, par la résistance du courant descendant; mais bientôt elle reçoit une nouvelle impulsion de la part de la force motrice qui agit sans relâche à l'embouchure; animée par ce nouvel effort, elle surmonte la résistance du reflux et se meut vers l'amont. Mais à peine le flot s'est-il avancé, qu'il est encore une fois réduit au repos par une nouvelle résistance. Cet état d'équilibre ne dure qu'un instant, et la marée est étale pour le point où il a lieu, tandis qu'au point précédent en aval, où l'étalité vient de cesser, on observe déjà un léger courant ascendant. Une nouvelle action de la force motrice rend encore une fois le mouvement au flot qui vient de s'arrêter: l'équilibre est détruit, pour aller se reproduire presque instantanément un peu plus haut, et ainsi de suite. Telle est l'explication théorique de la marche ascendante de l'étalité

de la marée basse, marche que j'ai décrite plus haut. L'approche de cet état d'équilibre en un point de la rivière, est accompagné d'un phénomène qui mérite d'être cité. Quelques instants avant que l'eau devienne étale en un certain point, et pendant que le courant est encore descendant à ce point, le niveau de l'eau commence déjà à s'y élever, quoique son mouvement soit encore dirigé vers l'aval. Le niveau continue à s'élever, jusqu'à ce que le courant cesse et que l'équilibre s'établisse. Ce phénomène, qui paraît singulier au premier abord, s'explique assez facilement par les considérations que je viens d'exposer. Lorsque la marée est à l'état d'équilibre à quelque distance en aval du point que l'on considère, l'eau qui continue à descendre de l'amont, rencontre cette masse en repos, qui s'oppose à son mouvement; elle est forcée de s'accumuler contre la barrière qui l'arrête, et son niveau se relève insensiblement du côté de l'amont. Bientôt le flux qui s'avance vient réduire au repos cette eau dont le niveau s'élevait depuis quelques instants, et la marée devient étale devant le point en question. A cet instant, on dit que la marée y est basse; mais cette locution est inexacte, car le niveau était au plus bas, quelques moments avant l'étalité de la marée. Un effet analogue à celui que je viens de décrire, se produit également dans la partie haute du cours de la rivière, à l'endroit où la marée cesse de se faire sentir. A quelque distance en amont du point où le flux s'arrête ou devient insensible, le courant est toujours descendant; cependant le niveau s'y élève et s'y abaisse alternativement, selon que le flux ou le reflux se manifeste en aval. Cette dénivellation provient de l'accumulation des eaux descendantes contre le courant opposé, qu'elles rencontrent un peu plus bas, précisément comme il arrive au point où le flux et le reflux viennent se combattre dans la partie basse du cours de la rivière.

Je termine ici la description des courants du Rupel et de ses affluents; je vais passer à l'examen des changements que ces rivières et leurs courants ont éprouvés jusqu'à nos jours.

Cette étude me servira de guide dans le choix des mesures destinées à régler d'une manière convenable les cours d'eau dont je traite ici.

CHAPITRE II.

HISTORIQUE DU COURS DU RUPEL ET DE SES AFFLUENTS.

29. *Moyens de connaître l'ancien cours du Rupel.* — Il reste peu de documents sur l'ancien cours du Rupel et sur les variations que ce cours a éprouvées. Les anciennes cartes que j'ai pu consulter à ce sujet sont trop peu détaillées, et surtout trop peu exactes, pour que l'on puisse tirer quelque conclusion des indications qu'elles fournissent ; mais, à défaut de renseignements historiques, il existe d'autres données qui peuvent apprendre quels sont les changements survenus dans les rivières dont il s'agit.

30. Le lit du Rupel et de ses affluents est contenu entre des digues, sur une grande partie de son développement. Ces digues, ainsi que je l'ai montré plus haut, ont été établies, dans l'origine, le long des bords que les eaux atteignaient aux marées ordinaires. Or, ces ouvrages, sauf quelques contournements construits par suite de ruptures, sont restés jusqu'aujourd'hui aux endroits où ils avaient été primitivement élevés. Ils peuvent donc servir à nous indiquer le cours et les dimensions du Rupel, de la Nèthe et de la Dyle, à l'époque de leur endiguement. Sur tout le développement de ces rivières, on remarque, au pied des digues, des alluvions plus ou moins larges, dont la plupart, lorsqu'elles en valaient la peine, ont été entourées par des diguettes moins élevées que les anciennes digues, formant, en avant de celles-ci, une seconde ligne de défense, d'une date plus récente. En quelques endroits même, un troisième rang de digues a été placé devant le second. La largeur de ces terres, déposées depuis la construction des premières digues, indique aujourd'hui la quantité dont le lit s'est

rétréci depuis cette construction. Il est essentiel de ne pas confondre entre eux ces ouvrages de diverses époques, lorsqu'on se sert de la recherche de leur tracé pour déterminer le cours de la rivière à chacune de ces différentes époques.

31. *Ancienne largeur du Rupel, de la Nèthe et de la Dyle.* — Si l'on suit les digues primitives sur toute la longueur du Rupel, depuis son embouchure jusqu'au confluent de la Nèthe et de la Dyle, on peut observer que la largeur du lit, à l'époque de son premier endiguement, variait entre 200 et 300 mètres. La largeur de la Nèthe, à cette même époque, était de 200^{m}, à peu de distance du confluent et jusque vers le milieu de la distance comprise entre ce confluent et le pont de Waelhem; elle se réduisait ensuite à 150^{m}, immédiatement en aval du pont. Au delà de Waelhem, la largeur était à peu près constante et d'environ 100^{m}.

32. Quant à la Dyle, son lit était très-large jusque vers son confluent avec la Senne; ce confluent lui-même paraît avoir formé anciennement une espèce de lac d'une assez grande étendue, si l'on en juge d'après la situation des digues, qui se trouvent fort en arrière du lit actuel. La Senne entrait dans ce lac vers le village de Heffen, d'où la digue de la rive gauche se dirige sur le confluent de la Nèthe et de la Dyle, sans faire le détour que suit le lit actuel de la Senne. Le terrain compris entre cette digue, la Senne et la Dyle, est formé d'alluvions qui ont été successivement endiguées; l'endiguement le plus rapproché de la rivière a été construit de mémoire d'homme, au dire des habitants. Il est arrivé d'ailleurs que, dans des inondations d'une date peu éloignée, tout le terrain que je viens de décrire était submergé, de manière qu'on passait en barques par dessus.

33. *Singularité que présentent les confluents.* — Le confluent de la Senne et de la Dyle n'est pas le seul qui offre des traces d'un bassin pareil à celui dont je viens de donner la description: la Nèthe et la Dyle indiquent également, par la position de leurs digues à leur confluent, une distribution de terrain

tout analogue à celle que l'on remarque à l'embouchure de la Senne. Une pareille disposition s'explique assez bien par l'effet du courant descendant. On comprend qu'à l'endroit où deux courants descendants viennent se choquer, il y a une grande perte de vitesse dans les eaux qui se rencontrent ; le confluent de deux rivières doit donc produire une sorte de stagnation partielle de leurs eaux, surtout lorsque le terrain dans lequel elles coulent est aussi plat qu'il l'est dans les localités que je viens de décrire. Il doit résulter inévitablement de cette stagnation un surhaussement du niveau de l'eau, et, par suite, le liquide doit se répandre en surface et former le bassin dont on retrouve les traces à la Dyle. Il est évident que la vitesse perdue dans les deux courants, et par conséquent la surélévation du niveau de l'eau, est d'autant plus considérable, que ces deux courants se rencontrent sous un angle plus obtus. C'est là, selon toute apparence, la cause pour laquelle le bassin dont je viens d'indiquer la formation, a des dimensions plus étendues au confluent de la Senne et de la Dyle, qu'à celui de cette dernière rivière avec la Nèthe. La dénivellation qui s'opère aux confluents provient de la cause que j'ai posée en principe plus haut, et qui consiste en ce que, dans les courants descendants, toute circonstance qui a pour effet de diminuer d'une manière quelconque la vitesse des eaux, force celles-ci à s'accumuler indéfiniment, jusqu'à ce que l'augmentation de pression qui résulte de leur surélévation, ait compensé l'effort de la résistance qui les arrête. La stagnation des eaux qui se trouvent ainsi accumulées, provoque des dépôts qui deviennent par le temps des alluvions solides ; alors le bassin se comble successivement, et le lit de la rivière s'y dessine d'une manière plus distincte.

34. *Ancienne largeur de la Senne.* — Reprenons la recherche de l'ancien état de la rivière. Des documents authentiques prouvent que les dimensions de la Senne sont diminuées de beaucoup depuis 400 ans. Au xve siècle, le commerce de Bruxelles et d'une partie du Hainaut avec Anvers, se faisait ex-

clusivement par la Senne. Le mouvement de cette navigation devait être assez considérable, puisque la ville de Malines, sur le territoire de laquelle se trouvait l'embouchure de la Senne, y exigeait un droit d'étape sur les bâtiments qui passaient par cette embouchure, et montra même beaucoup d'opiniâtreté à maintenir ce droit, malgré les réclamations des Bruxellois. Ce fut dans ce but qu'elle fit tendre une chaîne de fer sur la Senne, à son embouchure dans la Dyle. Cependant, sous le règne de Philippe-le-Bon, on commença à sentir le besoin d'améliorer la navigation, et il fut question de canaliser la Senne par des écluses et des barrages. Ce projet ne fut pas exécuté, à cause surtout des obstacles à la navigation que faisaient naître les prétentions de la ville de Malines et son droit d'étape; il fut remplacé par l'idée d'un canal allant directement de Bruxelles à l'Escaut ou au Rupel. Par octroi du 4 juin 1477, Marie de Bourgogne autorisa la construction de ce canal. Des contestations qui s'élevèrent avec les villes de Malines et de Vilvorde arrêtèrent l'exécution du nouveau projet. Charles-Quint confirma le 12 novembre 1531 l'octroi accordé par son aïeule; mais on ne commença à mettre la main à l'œuvre que sous Philippe II. Ce n'est qu'à dater de l'ouverture du canal de Willebroeck que la navigation cessa sur la Senne. Aujourd'hui les dimensions de cette rivière sont tellement réduites, que l'on a peine à concevoir comment elle a jamais pu être navigable.

Je viens de discuter quelles ont été les variations éprouvées par le Rupel et ses affluents dans leurs dimensions : je vais passer à l'examen des changements survenus dans la direction de leur cours.

35. *Déplacement du lit du Rupel et de la Nèthe.* — Partout où la rivière est encaissée entre deux digues, le cours n'a pas pu varier depuis la construction de ces ouvrages. Les habitants, dont les digues protégeaient à la fois la vie et la fortune, étaient trop intéressés à leur conservation pour qu'ils n'aient point constamment veillé à les défendre de l'action des

eaux. Ces précautions, il est vrai, n'ont pas toujours été suffisantes, et des traces nombreuses de ruptures subsistent encore; mais ces ruptures n'ont jamais changé d'une manière notable le cours de la rivière : le tracé primitif des digues a seulement été altéré, par ces désastres, à l'endroit où ils avaient eu lieu.

Mais il n'en est pas de même aux endroits où les digues ne se trouvent établies que sur l'une des deux rives, la rive opposée étant plus élevée. Dans ces endroits, les érosions de la rivière n'intéressent que le seul propriétaire du bord, et ne peuvent jamais, comme les dommages causés aux digues, menacer d'un danger général une grande étendue de pays. Il s'ensuit que les rives hautes n'ont jamais été défendues que par les moyens bornés qu'a pu mettre en œuvre un seul individu; d'ailleurs, il est à remarquer qu'ordinairement ces terres élevées sont d'une nature sablonneuse, tandis que les terrains bas sont argileux et compacts, en sorte que si le courant a une tendance à se porter vers une des rives, il est beaucoup plus difficile de la garantir, si elle est haute et sablonneuse, que si elle est basse, mais argileuse. C'est probablement à ces motifs qu'il faut attribuer le changement de cours qui s'est évidemment opéré dans le Rupel, immédiatement en aval du confluent de la Nèthe et de la Dyle. Le tracé de l'ancienne digue est à peu près direct, tandis que le lit actuel s'en éloigne d'une quantité considérable, en formant une courbe assez étendue et d'une courbure très prononcée, dont l'ancienne digue représente à peu près la corde. Il existe ainsi, sur la rive gauche, entre la digue primitive et le lit actuel, un espace de terrain qui a été entouré successivement par une seconde digue, placée en avant de la première, et même, en certains endroits, par une troisième diguette qui suit le bord actuel de la rive. A l'époque de la construction des premières digues, la rive gauche en suivait le pied. Or, à moins de supposer qu'alors l'eau couvrait la largeur entière de 600^{m}, qui sépare actuellement la rive droite de l'ancienne rive gauche, on est obligé

d'admettre que le lit s'est déplacé. Ce déplacement est d'ailleurs prouvé par les endiguements successifs effectués sur la rive gauche ; il l'est encore par la tendance que manifeste constamment la rivière à ronger la rive droite et à s'attérir sur la rive gauche.

36. Un effet absolument analogue doit s'être passé dans la Nèthe, vis-à-vis et un peu en amont de Rumpst. L'ancienne digue sur la rive gauche suit une direction à peu près droite, et la rivière s'est déplacée d'environ 400^{m} depuis la construction de cet ouvrage. La rive gauche s'avance toujours, tandis que la rive droite, qui est élevée et sablonneuse et qui n'a point de digues, est rongée continuellement par le courant. Des épis ont été établis sur cette rive pour s'opposer à cette action ; mais ces ouvrages, comme je l'ai déjà montré, sont plutôt nuisibles qu'utiles : il sera nécessaire de les remplacer par un revêtement quelconque destiné à défendre le bord.

37. Les deux endroits que je viens de décrire sont les seuls où l'on puisse observer d'une manière certaine que le lit s'est déplacé d'une quantité notable. Différents autres changements importants, dont je vais parler, sont dus à des attérissements.

38. *Changements produits par les attérissements : 1° à l'embouchure du Rupel.* — L'embouchure du Rupel dans l'Escaut est, comme le reste de la rivière, enfermée entre deux digues. Celle de la rive gauche, qui forme en même temps les remparts du fort Marguerite, suit à peu de distance le cours de l'eau ; au contraire, la digue établie sur la rive droite laisse un espace assez étendu entre son pied et le bord de la rivière. Il faut conclure de cette disposition, que des attérissements successifs se sont déposés sur la rive droite, et ont formé, depuis la construction de la digue, tout le terrain solide qui se trouve aujourd'hui en avant de cet ouvrage ; le grand banc qui s'étend le long des alluvions de l'embouchure, confirme l'existence d'une cause qui tend à attérir la rive

droite de cette embouchure. Nous retrouvons un fait tout analogue, et dans des circonstances semblables, au confluent de la Nèthe et de la Dyle, et un autre, au confluent de la Dyle et de la Senne. Je ne reviendrai plus sur ce dernier, que j'ai décrit en détail plus haut. Je m'occuperai seulement de la rencontre de la Nèthe et de la Dyle.

39. Les anciennes digues que l'on retrouve autour de ce point renferment un espace triangulaire, qui constitue le bassin dont j'ai fait mention ci-dessus, à propos de l'embouchure de la Senne. On y remarque, en outre, que les deux rives se rencontraient anciennement à angle droit, comme le font aujourd'hui l'Escaut et le Rupel. Une pareille disposition, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire, devait nécessairement provoquer des attérissements. Il n'est pas douteux, d'après la situation des anciennes digues, que des attérissements ne se soient formés à l'embouchure de la Nèthe; la rive droite de cette rivière, devant Rumpst, est composée d'énormes alluvions qui ont une largeur de trois à quatre cents mètres; elles se prolongent jusque dans le lit du Rupel, par un long et large banc qui obstrue l'entrée de la Nèthe. D'autres alluvions se sont encore formées entre la Nèthe et la Dyle, et ont produit la pointe aiguë qui sépare actuellement ces deux rivières. Cette langue de terre adoucit, par sa forme triangulaire, l'angle que formaient les directions des deux courants. Cependant son action n'est pas encore assez efficace. Le changement de direction que subit le cours de la Nèthe, a lieu sur une courbe d'un si petit développement, que son effet sur le mouvement des eaux doit être peu différent de celui que produirait le choc immédiat de deux courants perpendiculaires entre eux.

40. A l'embouchure du Rupel, les circonstances sont tout aussi défavorables qu'ici : les mêmes résultats se sont ensuivis. La position des digues annonce l'existence d'un bassin pareil à celui du confluent de la Nèthe et de la Dyle; des attérissements considérables se sont formés sur la rive droite,

comme à ce confluent; enfin une tendance à l'envasement se manifeste à la pointe du fort Marguerite, de même qu'à l'extrémité de la langue de terre qui sépare la Nèthe de la Dyle. A la vérité, l'analogie cesse ici : la pointe du fort Marguerite ne s'est point avancée dans la rivière, comme l'a fait l'espèce de promontoire de l'embouchure de la Nèthe. La raison en est, je pense, dans la grande supériorité de force du courant de l'Escaut sur celui du Rupel, supériorité qui n'a point permis qu'une cause provenant de l'affluent apportât quelque altération dans le régime du fleuve principal dans lequel il se jette. La même cause n'existait point à l'embouchure de la Nèthe, où les deux rivières sont à peu près de même importance, et où, par conséquent, l'action de l'une n'était pas négligeable par rapport à l'autre.

41. Revenons aux alluvions de la rive droite de l'embouchure du Rupel. Ces alluvions n'ont pas exercé ici une influence moins nuisible que ne l'ont fait celles de l'embouchure de la Nèthe. Le courant ascendant de l'Escaut, à son entrée dans le Rupel, est obligé de tourner à angle droit pour se diriger dans le sens du lit de cette rivière, qui est perpendiculaire au cours de l'Escaut. Un changement de direction aussi considérable ne peut pas s'effectuer d'une manière brusque, sans une grande perte de vitesse. Anciennement, avant que les alluvions de la rive droite se fussent formées, ce changement de direction pouvait se faire sur un assez grand développement, le long de cette rive, et le courant pouvait tourner sans choc et sans obstacles; mais, depuis que l'embouchure s'est comblée du côté d'aval, il n'est plus possible que les choses se passent ainsi. Le courant ascendant arrive avec toute sa vitesse à l'embouchure du Rupel, dans une direction tout à fait perpendiculaire à celle de cette rivière. La force qui l'attire dans cet affluent commence, au même instant, à agir sur lui pour modifier cette direction; mais, avant qu'il ait pu se détourner quelque peu, il est jeté de toute la violence de son élan dans une anse sans issue, où il se brise

contre les obstacles que la rive gauche met en travers de son cours. Pour sortir de cette anse, le courant est obligé de se détourner brusquement à angle droit, et d'aller se jeter contre la rive opposée, d'où il est de nouveau relancé contre la rive gauche, puis encore contre la rive droite, jusqu'à ce qu'enfin son cours, affaibli par ces oscillations continuelles, reprenne une direction moins tourmentée, et continue sa marche d'une manière plus paisible et plus régulière. Je n'ai pas besoin de signaler l'énorme perte de force qui a lieu dans le choc violent des eaux du flux contre la rive gauche de l'embouchure, dans la concavité qui se trouve à côté du fort Marguerite; je me contenterai de faire remarquer que les eaux qui viennent se lancer dans cette concavité, ne peuvent s'infléchir immédiatement à angle droit vers l'intérieur de la rivière, qu'après avoir perdu presque entièrement la vitesse d'impulsion avec laquelle elles étaient entrées, et qui les poussait contre la rive gauche, dans une direction toute opposée à celle qu'elles suivent. Je trouve une preuve de cet état momentané de stagnation dans les dépôts vaseux qui se forment, le long du bord, dans l'anse où le courant ascendant vient se briser à son entrée dans la rivière. La destruction plus ou moins complète de la vitesse des eaux à leur entrée, ne s'opère point sans des combats et des chocs violents contre les obstacles, sans de fortes secousses intérieures au fond du lit : des plongeurs anglais, qui ont fait, en 1836, des recherches dans le lit du Rupel, à son embouchure, assuraient qu'il était impossible de rester sous l'eau à l'époque de la marée montante, tant la rivière était bouleversée par le courant montant.

42. Je ne m'étendrai pas plus longtemps sur les effets de la mauvaise disposition de l'embouchure. Je n'hésite pas à croire que cette disposition vicieuse forme une des principales causes de la détérioration du régime du Rupel. Le seul remède que l'on pourrait y apporter, serait de détourner la rivière selon une courbe d'un grand développement, qui vien-

drait se relier tangentiellement au cours de l'Escaut, dans lequel elle entrerait sous un angle très-aigu. Par là, on ferait disparaître tous les coudes qui embarrassent aujourd'hui le bas du Rupel; en rendant plus aigu l'angle que fait la direction de cette rivière avec celle de l'Escaut, on enlèverait le banc qui s'est formé sur la rive droite de l'embouchure; mais surtout, on fournirait au courant ascendant sortant de l'Escaut, le moyen de changer insensiblement sa direction pour prendre celle de l'affluent dans lequel il vient se jeter; on enlèverait la barrière qui se trouve placée à présent en travers de son cours, et qui l'oblige à abandonner en pure perte une grande partie de la vitesse qui l'anime à son entrée. Malheureusement un pareil redressement de la rivière exigerait de grandes dépenses, en sorte qu'on ne peut pas en conseiller l'exécution. Dans la question présente, l'amélioration du régime ne doit pas être considérée comme un but qu'il s'agit d'atteindre, mais seulement comme un moyen qu'il faut mettre en usage pour parvenir à donner à la navigation les facilités dont elle a besoin. Le redressement en question entrainerait des frais considérables, qui seraient tout à fait hors de proportion avec les avantages que son adoption pourrait présenter à la navigation. Il est donc nécessaire de rechercher des moyens plus simples de remédier, au moins en partie, aux obstacles que présente l'embouchure lors de l'entrée du flux dans le Rupel. Pour cela, il est surtout indispensable de faire disparaître les angles brusques de la rive gauche, à l'embouchure. Je reviendrai plus loin sur ce sujet, lorsque je traiterai spécialement des travaux à exécuter dans le Rupel.

43. 2° *Devant Boom.* — En remontant vers l'intérieur, on peut observer, comme je l'ai déjà fait voir, que le lit s'est rétréci par des alluvions qui se sont déposées le long des rives. Vis-à-vis de Boom, la diminution de la section de la rivière s'est faite d'une autre manière : la largeur du lit n'a point varié; mais la profondeur a été considérablement ré-

duite par des bancs et des ensablements. Une pareille modification dans le régime est infiniment plus nuisible, pour la navigation, que ne l'est un rétrécissement du lit, lorsque la profondeur reste la même. C'est pourquoi, de tous les travaux à exécuter dans le Rupel, les plus urgents et les plus indispensables sont ceux qui doivent avoir pour effet de déblayer les attérissements qui ont comblé la rivière devant Boom. La situation de ce point est tout à fait exceptionnelle; il est de toute nécessité que des mesures, quelles qu'elles soient, fassent cesser sans délai un état de choses qui n'est plus soutenable, ni pour le village de Boom, contre lequel il sera bientôt impossible d'aborder, ni pour le canal de Bruxelles, dont l'entrée est gênée, ni enfin pour la navigation qui se dirige vers les affluents du Rupel, pour laquelle le passage devant Boom est, sinon dangereux, au moins difficile et incommode. Pour résister à tous ces inconvénients, il faut, comme je l'ai déjà dit, que l'on mette en usage le moyen que la nature même a employé sur le reste de la rivière : il faut rétrécir le lit par des travaux artificiels, comme il s'est rétréci partout ailleurs par des alluvions et des ensablements.

44. 3° *Vis-à-vis de Kasteeltje.* — En remontant encore, on arrive vis-à-vis de la propriété appelée *Kasteeltje*. C'est seulement au delà de ce point que la rivière, qui s'était élargie devant Boom, commence de nouveau à se rétrécir. Cet endroit est un des plus mauvais de la rivière : la passe y est double; celle de la rive gauche présente des difficultés qui la rendent impraticable à la navigation; celle de la rive droite est très-peu profonde sur une grande partie de son étendue. Il est indispensable que des mesures soient prises pour remédier à un état de choses qui est très-incommode pour le parcours de la rivière par des navires d'un tirant d'eau un peu considérable. Le moyen le plus sûr ici, comme devant Boom, c'est de rétrécir le lit et de supprimer la passe qui ne sert point à la navigation. Je reprendrai en détail cette idée dans mes propositions pour les travaux du Rupel.

45. 4° *Au confluent de la Dyle et de la Nèthe.* — En remontant encore plus, on arrive au confluent de la Nèthe et de la Dyle. J'ai donné plus haut la description de l'espèce de lac qui se trouvait en cet endroit ; j'ai indiqué les attérissements qui s'étaient formés depuis ; il me reste à compléter cette description. Les deux rivières sont séparées aujourd'hui par un promontoire qui se trouve en avant de l'ancienne digue, et qui a déjà été endigué à son tour par une seconde enceinte. Ce promontoire, qui a pour effet de faire converger les deux affluents du Rupel, ne s'arrête point à l'endroit où ces deux rivières mêlent leurs eaux ; il se prolonge dans le Rupel sous le niveau de l'eau, en formant une espèce de crête longitudinale au fond du lit de cette rivière, et il ne cesse d'être sensible qu'à 800^{m} environ en aval du confluent. L'existence de cette crête a été reconnue au moyen des sondages faits dans le Rupel. La section de cette rivière auprès du confluent indique deux passes bien distinctes, séparées entre elles par une partie plus élevée ; ces deux passes ne se réunissent en une seule qu'à une distance de 800^{m} environ du confluent ; jusque là, elles constituent deux lits séparés pour les deux affluents qui se rencontrent. Les eaux de la Dyle et de la Nèthe ne se mêlent donc pas immédiatement ; il est d'ailleurs aisé de s'en apercevoir lorsque l'une des deux rivières est plus trouble que l'autre : la différence de leurs couleurs fait voir que le mélange est lent à s'effectuer. La crête qui divise en deux le lit du Rupel en cet endroit, est, comme je l'ai dit, le prolongement du promontoire qui sépare la Nèthe et la Dyle : elle contribue plus ou moins, ainsi que ce promontoire, à rendre moins brusque la rencontre des deux rivières ; mais le vice principal du confluent se trouve dans la Nèthe, immédiatement en amont de son embouchure : le cours tortueux de cette rivière se termine dans une direction tout à fait perpendiculaire à celle du Rupel, et elle entre dans cette rivière par un coude brusque, qui n'a pas plus de 200^{m} de développement. Ce changement subit de direction produit le plus

mauvais effet sur le régime de la rivière. Je pense qu'il est indispensable de redresser la Nèthe aux abords de son embouchure, et de racheter, par une courbe douce et d'un grand développement, l'angle considérable que forment les deux rivières. Je reviendrai plus bas sur cet objet.

46. En remontant la Nèthe, on trouve un grand nombre de bancs, d'alluvions et d'attérissements, dont j'ai déjà parlé plus haut et sur lesquels je ne reviendrai plus ici. J'ai dit également ce que j'avais à indiquer relativement aux changements survenus à la Dyle et à la Senne; je termine, en conséquence, ici la description historique du Rupel et de ses affluents.

CHAPITRE III.

TRAVAUX A EXÉCUTER DANS LE RUPEL ET SES AFFLUENTS

47. *Principes à suivre.* — De tous les travaux dont l'exécution est confiée aux ingénieurs, les plus difficiles sont ceux qui sont destinés à modifier le régime des eaux courantes. Dans toutes les autres espèces de constructions, les premières données, les bases fondamentales sur lesquelles on doit travailler, sont connues, tandis qu'ici il faut lutter sans cesse avec un élément dont les lois constitutives sont presque entièrement ignorées, dont les tendances ne peuvent être observées qu'imparfaitement, et sont d'ailleurs de nature à varier constamment; dont la propriété caractéristique est d'obéir à une foule de petites causes qui nous échappent, mais qui produisent de grands effets par leur nombre et leur perpétuité; un élément enfin qui, soumis pour un moment à notre volonté, devient, l'instant d'après, supérieur à toutes ses entraves, plus fort que toute notre puissance, et qui échappe à notre direction, en renversant tous les obstacles que nous lui avions opposés. Dans une pareille lutte, ce n'est point à la force

qu'il faut avoir recours : elle n'est pas de notre côté. Les moyens violents ne conduisent qu'à des combats d'où l'homme sort rarement victorieux. L'eau ne consent, en quelque sorte, à obéir qu'à des causes lentes et progressives ; c'est par des causes pareilles que la nature agit sur le régime des eaux courantes, et l'on sait combien son action est puissante : jamais aucun obstacle brusque, aucun changement subit n'est mis en œuvre par elle. Pourrions-nous espérer mieux réussir que la nature même, en suivant une marche opposée à la sienne? Cela n'est point probable ; au contraire, en imitant son action, on a près de soi un guide infaillible qui joint partout l'exemple au précepte, et qui offre donc toutes les garanties possibles de succès. On ne peut, par conséquent, rien faire de mieux, dans les travaux hydrauliques, que de se servir, lorsqu'on le peut, des tendances mêmes que les eaux manifestent ; de les diriger d'une manière convenable, sans les contrarier ; de choisir celles qui sont favorables, et de les encourager par des moyens artificiels qui les rendent supérieures à celles dont les effets sont nuisibles. L'art ne doit être que l'auxiliaire de la nature, et toutes les mesures que l'on emploie ne doivent avoir pour objet que de venir au secours des causes naturelles et préexistantes que l'on a choisies comme les plus propres à conduire au résultat désiré.

48. Toutes les fois qu'il sera possible de procéder de la sorte, on sera en droit d'attendre de grands avantages des moyens que l'on emploiera, parce qu'on sera assuré d'avoir un aide puissant dans une des tendances constitutives de la rivière. D'ailleurs, comme les moyens mis en œuvre seront lents et progressifs, on possédera, en outre, l'immense avantage de pouvoir vérifier à chaque instant s'ils donnent les résultats que l'on en attend, et de pouvoir les arrêter aussitôt qu'on s'apercevra qu'ils sont inefficaces ou nuisibles. De grands travaux qui ne peuvent donner de résultats que lorsqu'ils sont tout à fait achevés, ne doivent pas, en général, être conseillés dans les modifications à apporter au régime des rivières : il

est rare que l'on sache exactement d'avance l'effet qu'ils produiront, et l'on ne peut juger de leur efficacité que lorsqu'ils sont achevés, c'est-à-dire, lorsqu'il est trop tard pour essayer d'autres moyens. L'eau est un élément assez capricieux dont on ne connaît jamais toutes les tendances, et avec lequel il est toujours prudent d'agir en tâtonnant, après avoir essayé au préalable l'efficacité des remèdes que l'on veut appliquer. Il est bon de ne faire les travaux que par petites portions successives, tant pour en observer les effets, que pour ne pas engager à l'aventure une trop grande partie des dépenses.

49. J'ai cherché à observer ces règles générales dans toutes mes propositions pour les travaux du Rupel. Ainsi, en premier lieu, les moyens dont je conseille l'emploi sont lents et progressifs : ils exigent peu de dépenses à la fois et peuvent être arrêtés à volonté. En second lieu, je mets partout en œuvre des tendances qui résident essentiellement dans la rivière, et que je me contente de favoriser et de diriger dans un sens convenable.

50. De cette manière, si je ne puis pas, à la rigueur, prouver que les travaux proposés atteindront leur but, je puis au moins assurer qu'ils ne donneront pas de résultats opposés à ceux que j'en espère ; et, s'il est permis, jusqu'à un certain point, de mettre en doute que les mesures à employer soient assez puissantes pour exercer l'action entière que j'en attends, il n'est pas permis de douter que leur action, quelle qu'elle puisse être, ne soit dirigée vers le but voulu, que leur résultat, quel qu'il soit, ne mène à la fin vers laquelle je tends.

CHAPITRE IV.

TRAVAUX DE BOOM.

51. *Urgence des travaux.* — La situation de la rivière, au droit de Boom, s'est tellement détériorée par les bancs et les attérissements qui s'y sont formés, qu'il est impossible qu'un

pareil état de choses soit maintenu plus longtemps sans entrainer les plus graves inconvénients, non-seulement pour la navigation du Rupel en général, mais encore pour le commerce de Boom et pour le canal de Bruxelles. La cause du mal réside dans l'excès de largeur que possède la rivière devant Boom. Le seul remède efficace que l'on puisse employer pour empêcher les mauvais effets de l'ensablement du lit, c'est de forcer cet ensablement à s'effectuer sur les rives, de manière à ne laisser au lit que la largeur qu'il a en aval du point où l'élargissement commence. Je ne reviendrai plus ici sur les preuves de l'opinion que j'avance : je les ai développées en détail lorsque j'ai traité spécialement des courants et des attérissements du Rupel; je me contenterai d'insister de nouveau sur l'urgente nécessité de faire cesser devant Boom les obstacles que la navigation y rencontre. Cette nécessité me paraît tellement impérieuse, que je pense que, quand même on serait décidé à ne point faire de travaux ailleurs, encore ne pourrait-on pas se dispenser de travailler devant Boom, parce que la question d'amélioration y acquiert à la fois toute l'importance d'une question d'utilité générale, et toute l'urgence d'une question locale, où de graves intérêts particuliers se trouvent compromis.

52. *Choix des moyens.* — La nécessité d'un rétrécissement du lit ne pouvant être contestée, il y a à se décider sur l'emploi des mesures propres à l'exécuter.

Si le rétrécissement ne pouvait s'obtenir qu'en comblant l'excès de largeur du lit, on comprend que ce moyen entraînerait à des dépenses considérables pour le seul point de Boom; on serait obligé, en effet, de construire dans ce lit un revêtement quelconque pour maintenir la nouvelle rive, et, à exécuter ensuite d'énormes remblais entre ce revêtement et l'ancien bord de la rivière. Mais il existe un moyen de parvenir au même but d'une manière plus lente, sans des frais aussi grands. On peut éviter les remblais, en mettant à profit la tendance que la rivière montre à s'ensabler, tendance qui ne produit au-

jourd'hui que des résultats nuisibles, parce qu'elle agit sans direction, et, pour ainsi dire, sans contrôle. En dirigeant cette action dans un sens favorable, on obtiendra d'une manière lente, mais économique, des résultats auxquels on ne parviendrait qu'à grands frais, s'il fallait les créer rapidement.

53. *Fixation du tracé.* — J'ai étudié différents systèmes propres à réaliser cette idée. Comme l'ensablement se manifeste actuellement sur la rive droite, le long des quais de Boom, et que la profondeur se trouve le long de la rive gauche, le rétrécissement doit s'opérer sur la rive droite, c'est-à-dire que celle-ci doit être avancée dans le lit. Le tracé de la nouvelle rive droite doit être déterminé par la condition de rester parallèle à la rive gauche, et d'en être séparé par une distance qui soit une moyenne entre la largeur régulière de la rivière en aval du point de Boom et la largeur en amont du même point.

54. *Moyen d'envasement par barrage longitudinal.* — Pour déterminer des dépôts de sable ou de vase dans l'espace compris entre l'ancienne et la nouvelle rive droite, à Boom, il faut faire en sorte que l'eau y demeure en repos, ou au moins n'y ait, le plus longtemps possible, qu'un faible mouvement. Ma première idée avait été d'établir, sur toute la longueur du tracé de la nouvelle rive droite, une enceinte en pierres ou en fascinage, qui fût perméable à l'eau, mais qui opposât cependant à son passage une résistance assez grande pour que celle-ci, après avoir rempli l'espèce de réservoir compris entre l'ancienne et la nouvelle rive, y restât en repos, et ne s'en échappât que lentement, après avoir eu le temps de précipiter le sable et la vase qu'elle tenait en suspension. Par ce moyen, chaque marée montante aurait rempli d'eau trouble le réservoir en question, et, à chaque marée descendante, cette eau, après avoir déposé ses parties terreuses, aurait filtré au travers de l'enceinte de la nouvelle rive. Chaque marée aurait ainsi apporté une nouvelle couche de dépôts en arrière de l'enceinte, et l'alluvion artificielle se serait élevée par couches successives jusqu'au niveau de l'enceinte. Cette enceinte, qui

aurait été établie d'abord à peu de hauteur au-dessus de la marée basse, aurait été relevée de plus en plus, à mesure que l'alluvion se serait formée en arrière, et aurait atteint finalement le niveau de marée haute, époque à laquelle l'ouvrage eût été terminé et le but atteint.

55. Cette méthode est, en grand, la même que celle qu'emploient, tout le long de l'Escaut et du Rupel lui-même, les propriétaires riverains qui veulent provoquer des alluvions et accroître leurs propriétés aux dépens du lit de la rivière : ils entourent l'espace qu'ils veulent envaser d'une enceinte de clayonnage ou de débris de briques et de pierres, et ils élèvent successivement cette enceinte, à mesure que l'envasement se produit en arrière. C'est ainsi que, dans les alluvions le long de l'Escaut, les emprises que l'on fait pour la réparation des digues, et qui ont souvent une profondeur de 2 et de 3 mètres, se comblent entièrement au bout de peu d'années, par les seuls dépôts que la marée y amène. On n'emploie pas d'autre moyen pour provoquer et pour hâter l'envasement, que de faire communiquer l'emprise par une rigole à la rivière, et d'établir en travers de cette rigole un clayonnage que l'on appelle, à raison de sa destination, *slykvanger* (amassebone). J'ai eu occasion d'observer, dans les alluvions le long de l'Escaut, la rapidité avec laquelle les dépôts se forment : des fouilles dont le fond se trouvait au-dessus du niveau de marée basse, s'étaient envasées, depuis le mois d'août 1837 jusqu'au mois de novembre de la même année, de 50 à 60 centimètres, ce qui suppose un envasement moyen de 2 à 3 millimètres par marée.

56. *Détails d'exécution.* — La méthode que j'ai décrite ci-dessus consistait, comme on voit, à entourer d'un grand *slykvanger* l'espace qu'il s'agit de combler sur la rive droite du Rupel, devant Boom. Quoique des motifs, que je détaillerai plus bas, m'aient engagé à adopter un autre système, au moins à l'origine des travaux, je crois convenable cependant d'en parler avec quelques détails, parce qu'il est possible que,

par la suite, on soit obligé d'y avoir en partie recours. J'ajouterai donc quelques mots sur la construction de l'enceinte à établir sur l'emplacement de la nouvelle rive. Cette enceinte devait être tracée par des pieux en sapin bruts, longs de 3 ou 4 mètres, espacés entre eux de 2^m, dépassant le niveau de marée basse de 1^m, et enfoncés de 2^m dans le fond du lit. Des perches horizontales, clouées sur les têtes des pieux, devaient les relier entre eux. Contre cette ligne de pieux devait être établi le massif en pierres ou en fascinage destiné à former l'enceinte de la nouvelle rive. Deux modes de construction se trouvant en présence, il fallait se décider pour l'un d'eux. Le fascinage, lorsqu'il s'agit de la construction de digues et de barrages étanches, a des qualités particulières telles, qu'aucune autre espèce de matériaux ne peut le remplacer; mais lorsqu'il s'agit, au contraire, d'un barrage qui doit rester perméable à l'eau et qui n'a pas à soutenir l'effort d'un violent courant, un seul massif en moellons peut remplir le même office. Le fascinage coulé en eau courante coûte au moins huit francs le mètre cube; les moellons que l'on trouve sur les bords même du Rupel ne valent que 4 francs le mètre; l'avantage est donc du côté des moellons. La localité fournit en assez grande abondance une autre sorte de matériaux, que l'on pourrait obtenir à meilleur compte encore; ce sont des débris de briques, de tuiles et de poteries, qui proviennent des nombreuses briqueteries établies à Boom, à Niel et à Rupelmonde. Ces briquaillons, comme on les appelle, sont de petite dimension et n'ont pas une grande pesanteur spécifique, de sorte qu'isolément ils ne pourraient offrir que très-peu de résistance à l'action du courant; mais, si on les réunissait en masses solidaires, en les enfermant, par exemple, dans des paniers d'un mètre cube en volume, chacun de ces paniers, composé d'un assemblage de menus matériaux agglomérés, formerait un système qui, par sa masse, représenterait une pierre unique de forte dimension et capable de résister à une pression considérable. La stabilité d'un massif composé de

pareils paniers serait même plus grande que celle d'un massif de moellons, puisque, dans le premier, chaque élément aurait un poids de 1500 kil., au moins, tandis que, dans le second, chaque pierre n'aurait qu'un poids moyen de 20 kil. On pourrait de cette manière essayer, pour le Rupel, un moyen qui a déjà été mis en œuvre avec succès aux travaux du Rhin, par M. l'ingénieur en chef Defontaine (*Annales des ponts et chaussées*, année 1833, cahier IV).

57. Le mètre cube de briquaillons s'obtiendrait à 2 fr. 50, et même à 2 fr. Un panier en osier, solidement construit, ne coûterait pas plus de 3 fr. à 3 fr. 50; le tout reviendrait donc à 5 ou 6 francs le mètre cube. Ce prix est plus élevé que celui des moellons; mais on trouverait cependant de l'avantage dans l'emploi des paniers, surtout sous l'eau, parce que les moellons, quand on ne peut pas les arranger à la main, s'étendent en largeur sous des talus d'une certaine inclinaison, qui augmentent le massif de plus du double du volume strictement nécessaire.

58. Par tous ces motifs, la préférence devait être accordée aux paniers jusqu'à la hauteur de 1^{m} environ au-dessus de la marée basse : les paniers eussent été placés jointivement et en lignes superposées jusqu'à la hauteur voulue, le tout eût été appuyé contre des pieux en sapin, battus à l'avance sur la ligne du tracé. De forts liens eussent d'ailleurs attaché les paniers entre eux et aux pieux en sapin. Lorsque l'envasement aurait atteint la hauteur de cette première enceinte, il eût fallu renforcer celle-ci, avant de la porter à une plus grande hauteur : à cet effet, l'on aurait établi, en arrière des paniers et sur une largeur de 3 à 4^{m}, un massif de terre glaise forte et de briquaillons qui auraient été entassés dans la vase ou le sable, de manière à former une digue solide appuyée en avant sur les paniers et capable de soutenir les rechargements successifs en briquaillons et en pierres qui devaient être établis sur elle. Ces rechargements se seraient faits, soit au moyen de lignes successives de paniers superposés, soit au moyen

d'un massif de briquaillons élevé par couches successives, et retenu à l'extérieur par un revêtement en moellons posés à la main et formant péré. Lorsque l'ouvrage eût été porté à la hauteur de trois mètres au-dessus de marée basse ; c'est-à-dire un peu au-dessous de marée haute, on eût cessé d'élever l'enceinte, et comme l'envasement à cette époque serait devenu plus actif, puisque l'eau n'eût plus couvert l'espace envasé que de 20 à 50 centimètres, pendant une heure tout au plus à chaque marée, on aurait achevé de remblayer le terrain au moyen de décombres et de terres ordinaires. Alors les parties de la rive qui auraient eu besoin d'avoir un quai d'abordage, auraient pu être garnies d'un revêtement en charpente, qui eût été très-simple, puisqu'il n'aurait eu aucune poussée de terres à soutenir.

59. *Inconvénients du moyen précité.* — Ainsi que je le dis plus haut, des motifs puissants s'opposent à ce que l'on puisse employer complétement le système d'envasement qui vient d'être décrit. L'emplacement des travaux se trouve situé tout le long du village de Boom, devant des quais d'abordage où les navires viennent charger et décharger leurs cargaisons; devant des chantiers de construction, d'où il faut pouvoir lancer à la rivière les bateaux que l'on y construit ou que l'on y répare ; enfin devant les embouchures de plusieurs petits ruisseaux qui doivent conserver un libre débouché dans le courant du Rupel. L'établissement d'une digue continue devant Boom gênerait tous ces besoins ; il faudrait donc interrompre l'enceinte devant chaque ruisseau et chaque chantier de construction, et diviser cette enceinte en plusieurs tronçons séparés ; mais alors les deux extrémités de chaque tronçon devraient être rattachées à l'ancienne rive par une ligne d'enceinte en retour, sinon, la ligne principale établie sur la nouvelle rive, étant fréquemment interrompue, ne serait d'aucun effet. Ces travaux supplémentaires augmenteraient la dépense dans une proportion considérable. Enfin la rive actuelle serait, pendant plusieurs années, séparée de la ri-

vière par un espace considérable, où l'on n'aurait ni de l'eau ni un terrain solide, mais une vase sans consistance, qui serait très-incommode pour les communications obligées entre l'eau et le bord. Il faudrait, par d'autres moyens, rétablir les communications qui sont très-nombreuses aujourd'hui, puisque chaque habitation, le long de la rivière, a son quai d'abordage où les navires viennent échouer. A cet effet, il serait nécessaire de construire, pour chaque habitation, une estacade en charpente qui conduirait de l'habitation à la nouvelle rive, en passant par-dessus l'envasement, à une hauteur assez grande pour dépasser le niveau des marées ordinaires.

60. *Autre moyen d'envasement, par épis transversaux.* — Toutes ces obligations compliquent singulièrement l'idée fort simple de provoquer l'envasement par une enceinte continue, autour de l'espace à combler. D'un autre côté, comme, dans tout état de choses, il est toujours nécessaire d'établir, pendant toute la durée de l'envasement, des communications solides entre l'ancienne et la nouvelle rive, il était naturel de se demander si les estacades en charpente, projetées pour ces communications, étant transformées en épis, ne pourraient pas seules atteindre le but, qui est de concentrer tout le courant dans la partie du lit qu'il s'agit de conserver, et de produire un état de stagnation dans l'eau, le long de la rive droite. Ce second système d'envasement ne présente pas les inconvénients attachés au premier ; il ne bouche pas les entrées des ruisseaux et des chantiers de construction, et il laisse intactes les communications entre l'ancienne et la nouvelle rive. Aussi doit-il paraître préférable à l'autre, quoiqu'il n'atteigne pas le but d'une manière aussi complète. Les épis transversaux perpendiculaires à la rive rompent le courant dans l'espace qu'ils traversent ; mais l'état de stagnation qu'ils produisent dans les eaux, n'est jamais aussi complet qu'il l'est dans une enceinte fermée de toutes parts. L'envasement est donc moins rapide entre des épis parallèles non reliés entre eux aux extrémités, que dans un réservoir sans issue. C'est

surtout vers les extrémités des épis que les dépôts auront beaucoup de difficulté à se former, parce que les remous y entretiendront constamment, dans l'eau, plus de mouvement encore qu'en plein courant; c'est pourquoi l'on sera toujours obligé, pour compléter convenablement la nouvelle rive, d'y établir, ainsi que je l'ai annoncé plus haut, une enceinte continue, qui puisse achever l'envasement jusqu'au tracé indiqué. Cette enceinte se construira d'après le mode indiqué ci-dessus; mais elle pourra être beaucoup plus faible, parce qu'elle n'aura pas de courant à soutenir, et qu'elle sera appuyée solidement sur les épis.

61. *Comparaison des deux systèmes.* — Sous le rapport de la dépense, ce second système peut être égalé au premier; dans tous deux il faut des estacades en charpente et une enceinte continue; ce qu'il faudra dépenser de plus dans le second système pour transformer les estacades en épis, se trouve compensé par l'économie que l'on fera sur les dimensions de l'enceinte. Il est même possible que, pour l'État en particulier, le second système soit le plus avantageux, s'il peut se borner à construire les épis, en laissant le revêtement de la rive, c'est-à-dire l'enceinte continue, à la charge des propriétaires riverains, à l'usage desquels elle sera spécialement destinée.

62. Les avantages du second système sont donc : de ne pas gêner l'évacuation des ruisseaux le long de la rive, et de laisser libre l'approche des chantiers de construction. Il est bien vrai, en ce qui concerne ce second point, que l'envasement aura lieu devant ces chantiers comme sur tout le reste de la rive droite; mais il sera facile aux propriétaires de garder un espace libre devant chacune des coulisses sur lesquelles ils font monter les navires à réparer et descendre ceux qui sont achevés; l'envasement ne se produira de la sorte qu'entre les coulisses, et lorsqu'il aura acquis de la consistance et qu'il aura atteint, ou à peu près, le tracé de la nouvelle rive, on pourra y transporter les coulisses, de manière

à les établir définitivement dans la position qui leur conviendra par rapport à ce tracé nouveau.

63. Les inconvénients du second système sont : de ne pas produire l'envasement d'une manière aussi rapide que le premier, et de gêner plus que celui-ci le courant principal de la rivière, ce qui est toujours un mal, comme je l'ai prouvé précédemment. Les épis transversaux s'opposent par choc au mouvement de l'eau, et dans tout choc il y a perte de force vive, c'est-à-dire travail inutilement dépensé. Tout le travail que le courant de la rivière dépense inutilement est perdu pour l'action conservatrice qu'il doit exercer sur les dimensions du lit. Dans le cas d'une enceinte continue, aussi longtemps que celle-ci est hors de l'eau, le courant la suit latéralement sans déviation brusque et sans choc : la résistance se réduit à un simple frottement qui n'est pas plus considérable le long de l'enceinte que le long de la rive qu'elle remplace. Lorsque l'enceinte est couverte par l'eau, les filets du courant qui passent au-dessus n'en éprouvent aucune résistance quelconque. On voit donc qu'il n'y a aucune perte de force vive, ni de travail. Dans les épis, le choc a lieu sans interruption, tant pendant la marée montante que pendant le reflux; son action s'exerce sur toute la longueur du premier épi exposé au courant, et, pour chacun des épis suivants, sur la partie de leur longueur qui n'est pas garantie par l'épi précédent.

Tels sont les avantages et les inconvénients du second système comparé au premier. Il faut ajouter, en faveur du second, qu'il est d'une exécution plus simple et qu'il exigera moins de surveillance, comme on en jugera par les détails suivants.

64. *Détails d'exécution des épis.* — Les épis s'étendront en longueur, depuis le bord actuel jusqu'au nouveau tracé de la rive, dans une direction perpendiculaire au courant: ils seront espacés de 100^{m} entre eux moyennement. Dans l'origine, il n'empêcheront pas l'abordage des navires contre le bord actuel, et, lorsque l'envasement aura rendu cet abordage impossible, ils serviront d'embarcadères contre lesquels les

bateaux pourront venir se placer avec autant de facilité qu'ils le font à présent contre la rive. Les épis seront de deux espèces, selon qu'ils devront servir d'embarcadères ou de simples moyens d'envasement. Les premiers s'emploieront uniquement devant le village proprement dit de Boom ; ils consisteront en un système de charpente renfermant un massif de terre et s'élevant à $2^m,20$ au-dessus de marée basse. Cette première base sera exhaussée par couches successives en fascinage, à mesure que l'envasement se manifestera : la surface supérieure de l'épi, lorsqu'il sera achevé, aura 2^m de largeur et sera en pente depuis le bord actuel jusqu'à l'extrémité de l'épi, de manière qu'elle sera à $3^m,20$ au-dessus du niveau de basse mer, à cette extrémité, et à $4^m,20$ au-dessus du même niveau, à l'origine ; elle sera ensuite recouverte d'une couche de briquaillons de $0^m,30$ d'épaisseur. La charpente se composera de fermes espacées de $1^m,50$ entre elles, et qui consisteront chacune en deux pilots de 6^m de long sur $0^m,25$ d'équarrissage, battus inclinés, et reliés à leurs sommets par une double moise horizontale, et, plus bas, par deux moises inclinées qui se croiseront. Les deux pilots seront éloignés de 4^m à leurs sommets ; deux cours de chapeaux passeront sur les têtes des pilots de toutes les fermes, de manière à relier celles-ci entre elles ; enfin un revêtement en dosses, clouées sur les pilots, servira à renfermer la terre qui formera le corps de l'épi.

65. La seconde espèce d'épi, destinée à servir uniquement de moyen d'envasement, se composera, comme l'autre, d'un système de charpente recouvert de dosses et renfermant de la terre, mais ne s'élevant qu'à 1^m au-dessus de marée basse. Les fermes seront espacées de $1^m,25$ et comprendront deux pilots de $0^m,20$ d'équarrissage, distants de 4^m et reliés à leurs sommets par une moise horizontale. Les fermes seront reliées entre elles par deux cours de moises doubles, qui embrasseront les têtes des pilots de chaque côté de l'épi. Cette première partie de la construction sera exhaussée, à

mesure que l'envasement s'élèvera, soit par des couches successives de fascinage, soit par le moyen plus économique de paniers contenant de la terre glaise et des briquaillons, jusqu'à la hauteur de 3m au-dessus de marée basse, c'est-à-dire un peu au-dessous de marée haute. On pourra, pour cet usage, se contenter de paniers sans fond, qui n'auront que leurs parois verticales; on leur donnera 1m de hauteur, une longueur égale à la largeur de l'épi, c'est-à-dire 4m, et 1m ou 2m de largeur. En reliant entre elles, par des liens solides en osier, les parois opposées de ces paniers sans fond, de manière à empêcher leur écartement, et en attachant ensuite entre eux les différents paniers juxtaposés, on obtiendra un système entier, solidaire, qui offrira une grande stabilité. Les paniers, quoique dépourvus de fond, n'en rempliront pas moins leur but; d'une part, ils ne pourront pas se soulever, à cause de la grande résistance qu'opposeraient à un pareil mouvement les briquaillons qui s'y trouveront entassés; d'autre part, un déplacement horizontal sera tout aussi difficile et plus difficile même, pour un panier sans fond, que pour un panier ordinaire: la masse entière contenue dans le panier doit, dans les deux cas, être déplacée à la fois, et la résistance qui s'oppose à ce mouvement sera encore plus grande, si elle provient de l'action des briquaillons en contact direct avec la surface de l'épi, que si elle était due au frottement du fond du panier sur cette surface. Un panier sans fond, de la contenance de 8 mètres cubes, ne coûtera certainement pas plus de 6 fr., ce qui reviendra à fr. 0, 75 le mètre cube; en y ajoutant 2 fr. par mètre cube, pour le prix de la terre glaise et des briquaillons qu'on y entassera, le tout ne montera pas à 3 fr. le mètre cube. L'ouvrage pourra se construire avec beaucoup de facilité et de précision, en posant les paniers vides à la place qu'ils doivent occuper, en les liant ensemble dans cette position, et en les chargeant ensuite des matériaux qu'ils doivent contenir.

Avant d'aller plus loin, je citerai un exemple d'attérisse-

ment rapide produit par un épi. En 1837, on construisit dans le polder inondé du Borgerweert, devant Anvers, un épi en fascinage destiné à éloigner le courant du pied d'une digue. La profondeur de l'eau, qui était de $1^m,50$ à 2^m lors de l'exécution de l'ouvrage, s'était réduite à $0^m,25$ à quelques jours de distance, ce qui indique un attérissement de $1^m,50$ de hauteur en peu de jours. Il est vrai que toutes les circonstances se réunissaient pour accélérer l'ensablement.

66. *Établissement de brise-glaces.* — Tous les épis à établir dans la rivière devront être garnis, à leurs extrémités, par des systèmes en charpente destinés à les garantir contre le choc des glaçons ou des navires qui viendraient les heurter. Chacun de ces systèmes se composera de six pilots de 6^m de longueur sur $0^m,25$ d'équarrissage, réunis entre eux par des moises horizontales et inclinées, de manière à se soutenir mutuellement.

67. *Prix des ouvrages.* — Le prix des ouvrages qui viennent d'être décrits, s'élèvera, par mètre courant, savoir :

Dans les épis servant d'embarcadères : pour la partie inférieure en charpente, à 130 fr.; pour la partie supérieure en fascinage, à 40 fr.; ensemble, à 170 fr.; dans les épis simples : pour la partie inférieure en charpente, à 55 fr.; pour la partie supérieure, si elle est exécutée en fascinage, à 36 fr.; et, si elle est exécutée en briquaillons et terre glaise avec paniers sans fond, à 21 fr.; ensemble, à 91 fr. dans le premier cas, et à 76 fr. dans le second.

Un brise-glace, à l'extrémité des épis, coûtera 600 fr. en bois de chêne, et 400 fr. à peu près, en bois de hêtre.

68. Tels sont les principaux détails relatifs aux ouvrages que je propose d'exécuter sur la rive droite du Rupel, à Boom. Sur la rive gauche, quelques travaux de peu d'importance devront avoir lieu; mais, comme ils n'offrent rien d'intéressant, je me dispenserai d'en parler ici. Un seul point mérite d'être cité : c'est le barrage d'un petit bras qui passe derrière l'îlot longeant la rive en amont de l'embouchure du canal de Bruxel-

les. Ce barrage est destiné à envaser le bras en question, à réunir ainsi l'îlot à la rive, et à ramener, dans le lit principal de la rivière, les eaux qui s'écoulent aujourd'hui derrière l'îlot. Le barrage se fera au moyen de paniers chargés de briquaillons, qui donneront passage à l'eau en diminuant sa vitesse, et en la forçant, par conséquent, à déposer les matières qu'elle contient sur toute l'étendue du chenal qu'elle parcourra avec cette vitesse réduite.

CHAPITRE V.

TRAVAUX EN AMONT DE BOOM, DANS LE RUPEL.

69. L'élargissement de la rivière devant Boom cesse immédiatement en amont de ce village, vis-à-vis de l'écluse d'évacuation du polder de Willebroek; mais il se reproduit de nouveau plus haut, le long des briqueteries établies sur la rive droite, à l'est de Boom. Cet élargissement est, comme d'ordinaire, accompagné d'une diminution de profondeur. La passe est double, c'est-à-dire que le lit s'est relevé au milieu, et que la profondeur se trouve le long des deux rives. La passe qui longe la rive droite ne sert pas à la navigation. Le remède à employer ici est le même que devant Boom, le rétrécissement du lit. Comme la passe de la rive gauche peut, sans inconvénient, être supprimée, c'est sur cette rive que les travaux doivent être établis. Des attérissements devront y être provoqués; le lit se trouvera de la sorte déblayé; la passe, qui deviendra unique, sera agrandie et approfondie. Les travaux d'envasement sur la rive gauche pourront se faire comme à Boom, soit par épis transversaux, soit par une enceinte continue. Comme, à l'endroit dont il s'agit ici, il n'est pas nécessaire de conserver des communications nombreuses et aisées entre le fleuve et la rive actuelle, je pense, d'après les motifs que j'ai énoncés précédemment, que l'enceinte continue sera le moyen le plus convenable à mettre en

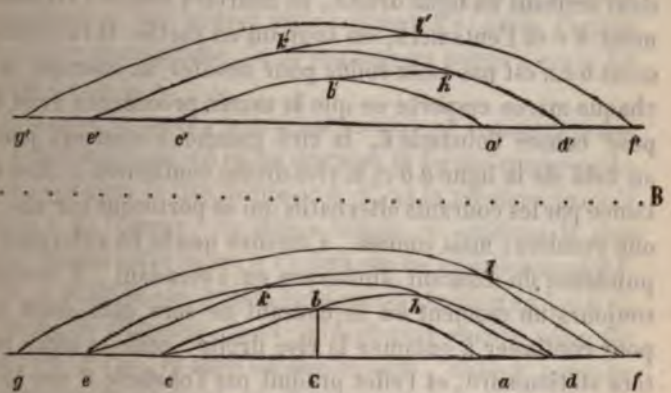
œuvre. Cette enceinte pourra s'exécuter de la manière que j'ai expliquée en détail, à propos des ouvrages de Boom.

70. *Courbe formée par le lit.* — En avançant vers l'amont, on arrive à une courbe formée par le Rupel, dans laquelle la rive droite est continuellement mangée par le courant et s'est successivement déplacée de plusieurs centaines de mètres devant les empiètements de la rivière, ainsi que j'ai eu occasion de le démontrer dans un des chapitres précédents. La rive gauche s'attérit à mesure que la rive droite est entamée, de sorte que la largeur du lit ne varie pas dans ce déplacement continuel. Je suis persuadé que l'on pourrait, si la chose en valait la peine, redresser, sans grands frais, cette courbe, en employant, mais en sens inverse, des moyens analogues à ceux qui l'ont produite et qui tendent encore continuellement à l'accroître. La direction des anciennes digues, sur la rive gauche, montre qu'à l'époque de leur construction, la courbe était très-petite, et que la rivière suivait une ligne à peu près droite; depuis cette époque, le lit s'est insensiblement déplacé, vers la droite, de plus de 600^{m}, comme l'indiquent les endiguements successifs opérés sur la rive gauche, en avant de l'endiguement primitif. Quelle a été la cause de ce déplacement? Il serait très-intéressant de le savoir, d'autant plus que la réponse à cette question ferait, en même temps, connaître les moyens d'opérer le redressement de la courbe en question et de toutes les autres semblables, en supposant qu'on voulût s'en occuper.

71. *Causes qui ont produit la courbe.* — Dans la circonstance présente, il y a eu une cause locale qui a dû amener une déviation dans le cours de la rivière : c'est l'action des eaux de la Dyle qui, venant se jeter d'une manière oblique dans la direction commune que suivaient anciennement la Nèthe et le Rupel, à en juger d'après les digues, a détourné le cours vers la rive droite, a entamé cette rive et l'a fait reculer successivement jusqu'à la position qu'elle occupe aujourd'hui. Mais cette explication ne peut pas rendre compte

de tous les déplacements analogues qui ont eu lieu. Ainsi, dans la Nèthe, immédiatement en amont du confluent, une courbe semblable se présente sans qu'une cause pareille ait jamais existé. Voici de quelle manière le lit de la rivière peut, en général, être déplacé sans qu'une cause puissante extérieure en détourne notablement le cours.

72. Soit AB l'ancien lit de la rivière. Supposons qu'au point C de la rive gauche un obstacle quelconque, naturel ou artificiel, vienne contrarier le courant; il est évident que, lorsque le courant sera ascendant de A en B, les filets d'eau qui



rencontreront l'obstacle C devront se rejeter vers la rive opposée et forceront le courant tout entier à dévier vers la rive droite. Cette rive, en la supposant même argileuse, finira toujours, à la longue, par être entamée par l'action du courant qui se portera sur elle; d'autre part, derrière l'obstacle C, l'eau restera stagnante, et un attérissement se formera nécessairement; devant cet obstacle, un certain espace restera également stagnant, parce que le courant ne pourra plus suivre la rive : l'attérissement se produira donc en avant comme en arrière. La rive gauche se trouvera ainsi portée en avant, et la rive droite reculée et creusée. Cette première déviation du lit peut, dans certaines circonstances que je vais indiquer,

devenir l'origine et l'occasion d'un déplacement continuel du lit, pareil à celui que j'ai signalé dans le Rupel. Nous n'avons examiné que l'effet du courant ascendant; mais il est aisé de voir que le courant descendant doit répéter la même action; qu'il doit creuser la rive droite et attérir la rive gauche. Une fois ce premier effet produit, voyons comment il se continue.

Supposons la situation du lit marquée par le trait *a b c* sur la rive gauche, et *a' b' c'* sur la rive droite, après l'action d'une marée descendante, et examinons les effets qui seront produits par la marée montante qui suivra. Le courant ascendant arrivant en ligne droite, se heurtera contre l'attérissement *b c* et l'entamera, en tout ou en partie. Si l'attérissement *b c* n'est pas assez solide pour résister au courant, et si chaque marée emporte ce que la marée précédente avait déposé contre l'obstacle C, la rive gauche n'avancera jamais au delà de la ligne *a b c*; la rive droite continuera à être entamée par les courants alternatifs qui se porteront sur elle, et elle reculera; mais comme, à mesure que le lit s'élargira, la puissance du courant diminuera en s'étendant, il arrivera toujours un moment où le courant ne sera plus assez fort pour continuer à entamer la rive droite : celle-ci alors restera stationnaire, et l'effet produit par l'obstacle C sur le régime de la rivière se bornera à un simple élargissement du lit. Mais si l'attérissement *b c*, formé par le courant descendant contre l'obstacle C, est assez solide pour résister au courant ascendant suivant, ou du moins pour n'être entamé qu'en partie, voici quels phénomènes se présenteront : les eaux seront rejetées par l'attérissement *b c* sur la rive droite, dans la petite anse *c' b' a'*, déjà formée; elles entameront la partie *b' a'* et la reculeront en *b' d'*; en même temps un attérissement se formera sur l'autre rive en *b d*, dans l'espace que le courant abandonnera; ce dernier effet est inévitable, toutes les fois que le courant se déplace : toujours il faut qu'un attérissement ait lieu dans la partie qu'il abandonne. L'attérissement *b c* aura été entamé et creusé par le courant ascen-

dant : il aura pris une forme concave; mais cette concavité contribuera encore à rejeter, dans une direction plus oblique, le courant sur la rive opposée, à lui faire abandonner davantage la rive gauche, et à accroître, par conséquent, l'attérissement $b d$. Il résulte de tout ceci, qu'après l'action de la marée montante, le lit aura pris la position marquée par les lignes $c b d$, $c' b' d'$.

73. A la marée descendante qui suivra, le courant, arrivant en ligne droite, heurtera contre l'attérissement $d c$ de la rive gauche, l'entamera et le creusera dans la forme concave $d h$, sera rejetée sur la rive opposée en $h' c'$, reculera cette ligne en $h' e'$, tout en abandonnant la rive gauche, où se formera nécessairement un nouvel attérissement $h e$. Après l'action de la marée descendante, le lit se trouvera compris entre les lignes $d h e$, $d' h' e'$.

A la marée suivante, le courant ascendant entamera à son tour l'attérissement $e h$ et lui donnera la forme concave $e k$; il sera rejeté sur la rive droite en $k' d'$, et la reculera jusqu'à la ligne $k' f'$; comme, en même temps, il quittera la rive gauche devant cette ligne, il s'y formera un attérissement $k f$, et le lit, à la fin de son action, aura pris la position $e k f$, $e' k' f'$.

A la marée d'ensuite, le lit se déplacera encore selon les lignes $f l g$, $f' l' g'$, et ainsi successivement, chaque nouvelle déviation en provoquant nécessairement une autre, chaque déplacement occasionnant un nouveau déplacement.

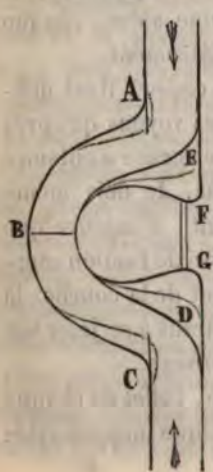
74. Quand une pareille action doit-elle cesser? Il est difficile de le dire, puisque, dans le Rupel, nous voyons qu'après un déplacement de 600^{m}, la rivière continue encore à entamer la rive droite et à accroître la rive gauche. Je dois même ajouter qu'à mesure que cet effet se produit, à mesure que la courbe devient plus prononcée, l'intensité de l'action augmente, parce que, sur tout le développement de la courbe, la force centrifuge porte constamment le courant à se jeter sur la rive concave et à abandonner le rive convexe.

75. J'ai exagéré à dessein, dans la figure, l'effet de chaque marée sur le déplacement; cet effet est presque inappréciable

en réalité, puisque le déplacement total de 600m, observé dans le Rupel, doit avoir duré à peu près 600 ans, si, comme il est probable, on peut fixer au XIIIe siècle l'époque de la construction des anciennes digues de la rive gauche. Le déplacement total supposerait, d'après cela, un déplacement moyen de 1 1/2 millimètre par marée.

76. J'ai dit plus haut que l'étude de la formation des grandes courbes dont il s'agit ferait connaître les moyens de les redresser. Je me hâte d'avertir que mon intention n'est pas de conseiller de pareils redressements, au moins dans le cas actuel, parce qu'ils ne sont pas indispensables et qu'ils seraient assez longs à obtenir. Mais je crois cependant utile d'indiquer de quelle manière on pourrait, au besoin, y arriver. On ne doit jamais craindre de rassembler trop de documents sur l'amélioration du régime des rivières; la matière est en quelque sorte inépuisable, et les principes que l'on peut découvrir, même quand ils ne sont pas d'une application immédiate, ne doivent néanmoins pas être dédaignés, parce qu'ils servent au moins à rectifier les idées, et à relier entre elles des notions partielles et incomplètes dont l'ensemble seul constitue la vérité.

77. *Moyen de redresser la Courbe.* — Supposons donc une courbe ABC, formée par l'action sans cesse renouvelée des causes déduites plus haut. Le courant qui suit le lit de C en A, se porte sur la rive D, et se trouve rejeté sur la rive opposée, qu'il ronge en B; de même, le courant contraire, qui revient de A en C, attaque la rive E et se rejette en B, qu'il entame à son tour. Les points D et E sont donc directement attaqués par les deux courants alternatifs de la rivière, et c'est la résistance qu'ils opposent à cette action qui rejette les courants sur la rive opposée, et tend, comme je l'ai montré, à entretenir et même à accroître la courbe. Si les points D et E étaient moins resistants, s'ils cédaient à



l'action des courants, non seulement la courbe ne tendrait pas à s'accroître, mais elle n'aurait jamais pu se former. C'est ce que j'ai suffisamment démontré plus haut. Il résulte de là que, si l'on affaiblissait artificiellement les points D et E, l'on ferait cesser la cause qui a formé la courbe et qui continue encore à l'entretenir, et qu'à l'aide de quelques moyens supplémentaires que je vais indiquer, on obtiendrait, de la part des courants, des effets tout à fait opposés à ceux qui ont donné naissance à la déviation du lit.

78. Admettons que, lorsque le courant se porte de C en A et se jette sur la rive D, en vertu du mouvement rectiligne qu'il possède en y arrivant, on détache les terres de la rive D de manière à les faire enlever par le courant; admettons qu'en même temps, pour maintenir plus longtemps la direction rectiligne du courant arrivant en C, pour l'empêcher de dévier trop tôt dans la partie courbe, et pour le faire parvenir avec plus de force sur la rive D, on établisse, au point C, une barrière placée dans le prolongement de la direction droite de la rive; il est évident que, de la réunion de ces deux opérations, il résultera qu'un attérissement se formera en C sur la rive courbe derrière la barrière, et qu'en même temps la rive D, attaquée simultanément par le courant et par le démaigrissement artificiel, devra reculer rapidement. Si, à l'autre extrémité de la courbe, en A, on opère d'une manière analogue pour le courant qui se meut de A en C, les mêmes effets y seront obtenus, c'est-à-dire que la rive courbe A s'attérira derrière l'obstacle, et que la rive E reculera. En vertu des actions successives qui se produiront ainsi à chaque marée, le lit se déplacera bientôt, selon une direction que j'ai marquée sur la figure par des traits pointillés. La courbe diminuera de développement, mais deviendra beaucoup plus prononcée; aussi l'action érosive sur la rive B ne sera-t-elle pas diminuée, mais plutôt augmentée, par suite de l'accroissement de la force centrifuge dont les eaux seront animées en tournant dans un cercle d'un plus petit rayon.

79. Au bout d'un temps plus ou moins long, la rive D E se sera creusée de manière à prendre la forme G F, et cet effet ne sera pas si long à obtenir qu'on pourrait le croire, parce qu'il sera aidé, et par l'action du courant, et par le démaigrissement artificiel de la rive. Dans cet état de choses, je dis que si l'on établit une communication, quelque petite quelle soit, entre les points F et G, cette communication sera suivie de préférence à toute autre par les eaux de la rivière, de manière qu'elle augmentera rapidement de largeur et de profondeur. En effet, quelles que soient les circonstances locales du cours ou la configuration du lit, il est certain que la communication directe, entre les points F et G, offrira aux eaux une pente trois ou quatre fois plus rapide que la voie plus longue que suit le lit dans le détour formé par la courbe. Si donc les eaux qui arriveront aux points F et G sont sollicitées par une certaine force à suivre le lit F B G, elles seront sollicitées par une force triple ou quadruple à suivre la communication F G; d'ailleurs, comme cette communication se trouvera dans le prolongement de la direction qu'elles auront suivies en arrivant aux points F ou G, toute la quantité de mouvement dont elles seront animées se joindra à cette force triple ou quadruple, pour les pousser dans la rigole F G. Il en résultera que cette rigole donnera passage à autant d'eau qu'elle en pourra contenir, et que le courant y sera très-fort; son action creusera incessamment la rigole, et si l'on aide par des moyens artificiels l'agrandissement de son lit, de la même manière que l'on a démaigri les rives en D E, il est incontestable qu'en peu de temps on obtiendra, entre F et G, un canal d'une section égale à celle du lit de la rivière, et que, de plus, ce canal sera la route que les eaux suivront de préférence au lit primitif, puisque celui-ci leur offrira moins de pente et ne se trouvera pas sur la direction de leur marche. L'ancien lit ne manquera donc pas de se combler par des attérissements, à mesure que le nouveau lit se creusera. On hâtera ce double effet en barrant la courbe au milieu de sa longueur au point B.

80. On peut comparer ce qui précède aux opérations analogues qui ont été effectuées sur le Rhin par M. Defontaine (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1833, cahier IV, n° 227); on verra que je n'avance rien qui n'ait déjà été pleinement justifié par l'expérience. L'habile ingénieur que je viens de citer indique plusieurs moyens ingénieux et très-efficaces de hâter le démaigrissement des rives par le courant et l'approfondissement de la rigole destinée à former le nouveau lit.

81. *Défense de la rive.* — Je ne pousse pas plus loin ces considérations, parce que, ainsi que je l'ai dit, je ne les considère que comme purement théoriques, au moins en ce qui concerne le Rupel. Les travaux qu'il faudrait exécuter pour redresser la courbe seraient assez longs et gêneraient la navigation pendant toute leur durée. La courbe doit donc être conservée; seulement, il faut que l'on s'oppose à ses empiétements ultérieurs et que l'on garnisse, en conséquence, d'une manière assez solide, la rive concave qui est rongée aujourd'hui, pour que l'eau n'ait plus de prise sur elle. Cette rive est sablonneuse et presque à pic en plusieurs endroits; le grand chemin de Boom à Rumpst en longe la crête et pourrait être en partie enlevé par les éboulements fréquents que les érosions de l'eau occasionnent. C'est un motif de plus pour consolider la rive.

82. Il y a plusieurs moyens propres à atteindre ce but. On peut laisser la rive escarpée comme elle l'est à présent et la garnir d'un revêtement vertical, qui, dans ce cas, ne pourrait être construit qu'au moyen de pilotis battus au pied du talus et soutenant les terres par des bordages. Ce revêtement, qui constituerait un véritable quai en charpente, serait d'un prix assez élevé, car il monterait à 80 francs environ par mètre courant. Voici un autre moyen, beaucoup plus économique, qui réussirait au moins aussi bien.

83. *Moyen de diminuer l'action érosive des eaux.* — Lorsqu'une rive est exposée au choc de l'eau, l'action du liquide est d'autant plus forte que le bord est plus escarpé, et, réci-

proquement, d'autant moindre que l'inclinaison de la rive approche plus de l'horizontale. Sur une rive en pente douce, les eaux peuvent s'étendre et se relever insensiblement, et l'angle sous lequel elles rencontrent la surface du terrain dans le sens vertical étant peu considérable, leur action devient par là même très-restreinte. Une rive escarpée qui reçoit le choc de l'eau ne peut modifier la direction du mouvement des molécules liquides que par la seule résistance qu'elle oppose à ces molécules, c'est-à-dire par la ténacité seule du terrain qui la constitue. Il faut donc que cette ténacité soit assez considérable pour pourvoir faire équilibre à l'action de l'eau, et il est rare que cette condition soit remplie dans un terrain ordinaire. Lorsqu'au contraire le talus de la rive a une inclinaison douce, le liquide que le courant dirige sur elle s'élève, en vertu de sa vitesse, le long du plan incliné que le talus lui présente, et la direction de son mouvement s'infléchit peu à peu, non plus par la résistance du terrain, mais par l'effet de la gravité, qui agit sur lui dans le sens de la pente de la rive et qui modifie à chaque instant sa marche. L'action érosive est beaucoup diminuée dans ce dernier cas ; comme elle est, en général, proportionnelle à la résistance que le terrain est obligé d'opposer à l'eau, et comme ici cette résistance ne joue qu'un petit rôle, puisque l'action principale est due à la gravité, il en résulte, réciproquement, que le terrain est moins attaqué et qu'il peut, par sa ténacité naturelle seule, ou avec l'aide d'un faible secours, résister à l'érosion. D'après cela, le moyen le plus simple de défendre une rive attaquée consiste à en établir le talus selon le pente la plus douce possible, afin d'affaiblir l'action de l'eau sur ce talus ; d'examiner ensuite si l'action érosive, réduite par l'inclinaison que l'on a pu donner à la rive, l'est assez pour ne pas atteindre la limite de ténacité que le terrain possède ; enfin, dans le cas où cette condition ne serait pas remplie et où il serait impossible d'incliner davantage le talus, d'augmenter la ténacité du terrain, soit en le couvrant d'une couche d'argile, de

terre forte, ou de pierrailles, soit en le garnissant au besoin d'un revêtement en fascinage.

84. *Application.* — C'est un procédé pareil que je suis d'avis de mettre en œuvre sur la rive concave de la courbe dont j'ai parlé ci-dessus. La berge sera d'abord dressée selon l'inclinaison la plus faible qu'il sera possible de lui donner. La proximité du chemin vicinal qui longe la rivière établira à cet égard une limite qu'il sera impossible d'étendre sans déplacer le chemin, et sans se jeter par conséquent dans de grandes dépenses pour achat de terrains. Néanmoins l'inclinaison que l'on pourra donner au talus sera suffisante, moyennant l'emploi d'une couche d'argile ou de briquaillons qu'il sera, dans tous les cas, prudent de mettre en usage, à cause de la nature sablonneuse du terrain. Dans les parties où le talus sera le moins raide, on se contentera de le recouvrir d'une couche de terre glaise de $0^m,30$ d'épaisseur, gazonnée sur toute son étendue. Dans les parties plus raides, on remplacera l'argile par des briquaillons, et, pour empêcher ceux-ci de rouler sur le talus et d'être entraînés par le courant, on les maintiendra dans des cases, formées sur le talus par des lignes de clayonnages qui se croiseront mutuellement à angle droit. Ces clayonnages auront $0^m,30$ de hauteur; ils seront établis selon deux systèmes de lignes parallèles, les unes horizontales, les autres perpendiculaires aux premières; les lignes seront espacées de $0^m,60$ entre elles et formeront par conséquent des cases carrées de $0^m,60$ de côté, qui seront remplies de briquaillons.

85. Il ne suffira pas de garantir le talus de la rive, il faudra encore empêcher que le pied de ce talus ne soit attaqué sous l'eau, et que le courant, après avoir miné ce pied, ne reprenne en sous-œuvre le talus et son revêtement, et ne les fasse ébouler par leur propre poids. Comme le thalweg suit la rive et que le talus de la berge se continue dans la rivière sous une inclinaison assez raide, il serait impossible d'y établir un enrochement stable, sans obstruer la passe et sans

gêner par conséquent la navigation. D'ailleurs, pour empêcher les affouillements, il conviendrait surtout de revêtir la partie immergée de la berge de corps flexibles qui pussent la tapisser et s'appliquer aussi exactement que possible sur la surface, de manière à en suivre les inégalités. C'est ce que font très bien des matelas en fascinage chargés de pierres; mais ici un pareil ouvrage serait trop volumineux et trop cher pour l'usage auquel il devrait servir. On peut remplacer très bien, en petit, les matelas en fascinage par des paniers en osier d'une faible hauteur, garnis à leur surface inférieure d'une forte couche de roseaux.

86. Un matelas en fascinage échoué et lesté se compose essentiellement d'une couche inférieure en roseaux, surmontée de plusieurs couches en fascines, et d'une certaine épaisseur de terre et de pierres qui chargent le matelas et le maintiennent en place. Ici la couche inférieure en roseaux existera également; les couches de fascines seront remplacées par le fond du panier, et les briquaillons renfermés dans le panier représenteront le chargement de terre et de pierres dont on couvre la surface du matelas pour le faire échouer.

87. Je propose, en conséquence, de tapisser le pied de la berge de semblables paniers ayant 30 centimètres de hauteur seulement, et une longueur de trois mètres environ dans le sens perpendiculaire au fil de l'eau; ils seraient garnis d'une couche de roseaux de $0^m,20$ d'épaisseur. La pose et l'échouage de ces paniers se feront très-aisément. On les amènera le long de la rive à marée basse; ils seront clos sur toutes les faces, excepté celle qui sera destinée à suivre le pied du talus et qui restera ouverte pour le chargement. Des piquets enfoncés dans le fond du panier, le long de la face ouverte, fixeront la position de cette face.

Dans cet état, le corps du panier flottera à la surface de l'eau; on le chargera de briquaillons par la face restée ouverte le long de la rive, et on le forcera à s'enfoncer peu à peu dans l'eau, en tournant autour d'une de ses arêtes comme

charnière. Comme il serait difficile de charger le panier sur toute sa longueur par la face étroite qui longera la rive, on pourra le charger d'avance sur le tiers de cette longueur, de manière à ne laisser vides que les deux tiers les plus rapprochés du bord. Le panier, par suite de sa faible épaisseur, se prêtera à toutes les ondulations de la berge; la flexibilité et la compressibilité des roseaux contribueront encore à tapisser exactement le talus de la rive, en s'appliquant sur toutes ses parties. Ce revêtement, qui s'étendra sous le niveau de l'eau à une distance de 3^m, garantira suffisamment le pied du talus et empêchera la berge d'être minée par dessous.

CHAPITRE VI.

TRAVAUX AU CONFLUENT DE LA NÈTHE ET DE LA DYLE.

88. *Ancienne disposition des lieux.* — L'ancien cours du Rupel et celui de la Nèthe suivaient à peu près une même direction rectiligne, à l'endroit du confluent. C'est ce que prouvent les digues primitives qui existent sur la rive gauche. La rive droite est généralement assez élevée, de sorte qu'elle n'aura jamais été défendue par des digues, si ce n'est dans quelques parties basses où on les retrouve encore. Elles sont interrompues partout où le niveau du terrain se relève. Si l'on joint entre eux ces tronçons discontinus, au moyen d'un tracé qui reste à peu près parallèle à l'ancienne digue de la rive gauche, on obtient approximativement la position primitive de la rive droite, et l'on peut apprécier avec assez d'exactitude les changements que le cours à subis.

La Dyle, en se jetant dans l'ancien lit de la Nèthe et du Rupel, suivait une direction à peu près perpendiculaire à celle de ces rivières. C'était là une disposition fort vicieuse, qui a, sans aucun doute, été la cause principale du cours tourmenté et des obstacles de toute espèce que nous observons aujourd'hui à l'endroit du confluent, et jusqu'à une certaine distance à l'intérieur des cours d'eau qui s'y réunissent.

89. *Effets de la mauvaise disposition des lieux.* — La rencontre des courants à angle droit a d'abord fait dévier les eaux du Rupel, de manière à les rejeter sur la rive droite et à déplacer le lit selon le tracé tortueux qu'il suit maintenant. Le choc de l'eau, entre les deux confluents, a dû produire des pertes de vitesse d'autant plus grandes que l'angle de leurs directions était moins aigu. La perte de vitesse a déterminé des dépôts dont on reconnaît l'existence sur la rive droite de la Nèthe, et à l'endroit même du confluent entre la Nèthe et la Dyle. Ces derniers dépôts ont adouci l'angle des deux courants, sans cependant le rendre aussi petit qu'il pourrait et qu'il devrait l'être. Sous ce rapport donc, ils ont été favorables. Les dépôts de la rive droite ont, au contraire, fait beaucoup de mal, parce qu'ils ont rétréci l'entrée de la Nèthe, parce qu'ils ont rendu son cours tortueux immédiatement en amont de cette entrée, parce qu'enfin ils ont déplacé le lit de la Nèthe vers la gauche, tandis que celui du Rupel se déplaçait vers la droite, en sorte qu'ils ont rendu plus sensible et plus brusque la différence de direction des deux rivières, qui, anciennement, avaient une direction commune.

90. *Travaux dans la Dyle.* — L'essentiel aujourd'hui, c'est de débarrasser l'entrée de la Nèthe, de rendre moins tortueux le cours qu'elle suit immédiatement avant le confluent, et de diminuer autant que possible l'angle qu'elle fait avec la Dyle, au moment où elle se réunit à celle-ci. La Dyle présente un cours très-régulier jusqu'à son confluent avec la Senne; seulement, à l'entrée, on observe une assez brusque déviation du thalweg, occasionnée par une déviation également brusque de la rive droite, qui fait saillie dans le lit, à l'endroit même de l'alluvion triangulaire qui sépare les deux affluents. On voit, d'après la disposition des lieux, que le courant descendant de la Dyle se heurte contre la saillie de la rive droite et se trouve rejeté sur la rive gauche, le long de laquelle se reporte la ligne de navigation. Si l'on faisait disparaître cette saillie, on atteindrait un double résultat : celui de régulariser

le chenal de la Dyle, et en même temps de diminuer l'angle de la Dyle et de la Nèthe. Ce léger redressement s'effectuerait facilement et à peu de frais. J'en parlerai d'abord, afin de terminer ce qui est relatif à la Dyle et de pouvoir entamer la discussion plus importante à laquelle la Nèthe donnera lieu. La surface de terrain à déblayer sur la rive droite de la Dyle, afin d'obtenir le nouveau tracé, est d'environ 1500 mètres carrés ; elle pourra être enlevée à bras d'homme jusqu'au niveau de marée basse, et ensuite, sous ce niveau, par l'action érosive du courant qui se porte précisément sur ce point. La rive gauche opposée devra en même temps être avancée dans le lit, pour ne pas occasionner d'élargissement. Trois épis seront placés sur cette rive; on les prolongera à mesure que la rive droite se reculera; ils hâteront le creusement de celle-ci; d'ailleurs les terres enlevées à bras d'homme sur la rive droite pourront être transportées sur la rive opposée entre les épis.

91. *Travaux dans la Nèthe.* — Quant à la Nèthe, son embouchure présente des vices qu'il est, sinon plus difficile, au moins plus important de faire disparaître. Le cours du Rupel, après le confluent, est à peu près dans le prolongement direct de celui de la Dyle, tandis que la Nèthe, à l'est de Rumpst, coule dans une direction diamétralement opposée à celle du cours commun de la Dyle et du Rupel. L'angle de près de 180° que forment ces deux directions, au lieu d'être racheté par une seule courbe d'un grand développement, l'est, au contraire, par trois petites courbes brusques et raides qui sont dirigées alternativement en sens opposé l'une à l'autre : la première tourne à droite, la seconde à gauche, et la troisième de nouveau à droite. Cette courbe du milieu, qui présente un angle rentrant entre deux angles saillants, est du plus mauvais effet, parce qu'elle augmente tout à fait inutilement le dernier angle par lequel la Nèthe entre dans le Rupel. C'est surtout parce que ce dernier angle est si grand, parce que la courbe qui le rachète est si brusque, que la résistance au mouvement des eaux est si considérable à l'em-

bouchure, et que des attérissements si étendus s'y forment et s'y maintiennent. Cette assertion ne paraitra pas exagérée, si l'on considère que la Dyle, dont la direction coïncide à peu près avec celle du Rupel, conserve un régime uniforme et régulier, et ne présente à son embouchure aucune des entraves que l'on rencontre à celle de la Nèthe. Il est indispensable que l'on remédie à une disposition aussi vicieuse, puisque elle est la cause première de la détérioration du régime sur une très-grande distance en amont. Comme la rivière devient de jour en jour plus importante, à cause des canaux de la campine qui en formeront le prolongement, je pense que l'on ne doit pas hésiter à mettre en œuvre toutes les ressources que l'art indique pour conserver dans une situation convenable une communication sans laquelle tous ces canaux deviendraient à peu près inutiles.

92. *Redressement à exécuter et moyen de l'obtenir.* — L'objet principal des travaux doit être de créer une seule courbe continue, partant de l'alignement actuel à l'est de Rumpst et arrivant au confluent dans une direction, autant que possible, parallèle à celle de la Dyle. J'ai essayé plusieurs courbes pour opérer ce raccordement. Le tracé indiqué au plan est le seul qui satisfasse d'une manière convenable aux conditions voulues, sans exiger un déplacement trop considérable du lit. C'est celui que je propose d'adopter. Le redressement à opérer entraînerait de grandes dépenses, si l'on ne pouvait le faire qu'en déblayant la rive gauche à bras d'homme; mais ce moyen peut être remplacé par l'action même de la rivière qui, aujourd'hui déjà, semble exercer spontanément tous ses efforts pour reculer la rive et se former un cours convenable, en enlevant la saillie qui gêne sa marche. La rive gauche, immédiatement en amont de l'embouchure, est directement exposée au choc des eaux, lorsqu'elles entrent dans la Nèthe à l'époque du flux; la même rive, à quelque distance en amont, est encore exposée à leurs efforts lorsqu'elles redescendent pour se jeter dans le Rupel.

Ce double effet n'est qu'un cas particulier de ce qui a toujours lieu dans les courbes, où le courant se porte sur la rive concave et la ronge, par suite de la force centrifuge, tandis que la rive convexe apposée s'attérit. Ici la rive droite s'avance dans le lit au moyen d'un banc qui est découvert à marée basse; la rive gauche, au contraire, est très-attaquée : elle est presque à pic, parce que la plus grande profondeur du chenal en suit le pied, et que cette profondeur atteint jusqu'à 5^{m} à marée basse; ce n'est qu'à force de décombres et de pierres, que les propriétaires de la rive parviennent à la maintenir dans sa position actuelle. L'action de la rivière est donc puissante et tout à fait favorable; les effets qu'elle produit suffisent pour en démontrer l'intensité et pour faire apprécier quelle énorme quantité de force le courant met à notre disposition. Il est clair que si, au lieu de défendre la rive gauche, on laissait au contraire agir librement sur elle l'effort du courant, elle serait rapidement creusée et reportée en arrière de sa position actuelle, sans qu'il fût besoin d'aider en aucune façon l'érosion de la berge. A bien plus forte raison, ce résultat s'obtiendra-t-il si l'on aide quelque peu l'action naturelle, qui seule suffirait pour l'opérer.

93 *Démaigrissement de la rive gauche.* — A cet effet, il faudra que quelques hommes s'occupent chaque jour à détacher les terres du bord, afin d'en faciliter l'érosion par les eaux de la rivière, en abandonnant au courant le soin de les enlever. Un atelier de terrasiers, employé pendant une année à ce travail, en viendrait à bout sans peine, puisqu'il suffirait pour cela d'enlever journellement de la rive une bande de 0^{m},15 de largeur. Du reste, il sera, selon toute apparence, avantageux de procéder lentement au redressement, ainsi que je le dirai plus bas; qu'il suffise pour le moment de savoir qu'on pourrait au besoin l'obtenir en une campagne et presque sans frais.

Le démaigrissement de la rive se fera à la pelle, au-dessus du niveau de marée basse. Quant aux parties de la berge qui sont toujours sous l'eau, leur démaigrissement pourra s'o-

pérer par le moyen qu'indique M. Defontaine, comme ayant été employé par lui, dans plusieurs circonstances analogues, aux travaux du Rhin (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1833 n°228 et suivant.) Ce moyen consiste à favoriser l'affouillement de la berge en labourant le terrain avec des grappins ou avec de lourds rateaux en fer, à longues dents, que l'on promène sur le talus de la berge. M. Defontaine a fait le calcul de l'économie que procure l'emploi d'un pareil procédé; il montre que des déblais artificiels qu'il a ainsi exécutés, par l'action réunie du courant et de la force humaine, n'ont pas coûté la dixième partie de la dépense qu'ils auraient occasionnée si l'on se fût servi des méthodes ordinaires de terrassement à main d'homme.

94. *Attérissements sur la rive droite.* — En même temps que l'on démaigrira la rive gauche, on avancera la rive droite en y provoquant des attérissements; des épis et des diguettes d'envasement seront établis à cet effet, de manière à recueillir, sur la rive droite, les terres enlevées sur la rive gauche. Cette opération exigera quelques précautions que je vais détailler.

95. *Précautions à observer.* Il sera prudent de ne faire entrer dans l'intérieur de la Nèthe que le moins de vase possible, afin de ne pas y provoquer d'attérissements. Les mesures que je propose plus bas donneront toutes les garanties désirables à cet égard; du reste, il faut remarquer que si l'on a soin de ne pas charger les eaux de la rivière de trop de terre à la fois, il n'y a pas de crainte à avoir, parce que la somme des déblais que l'on veut faire enlever par les eaux du Rupel et de ses affluents, est bien moins grande que la somme des dépôts que l'on veut provoquer dans leurs lits, de sorte que l'ensemble des travaux, bien loin de devoir augmenter la masse des parties terreuses tenues en suspension par les eaux, tendra, au contraire, à leur soustraire cinq ou six fois plus de vase et de sable qu'elles n'en pourront enlever dans les endroits qu'on abandonnera à leur érosion. Seulement, comme les travaux d'envasement se trouveront tous dans le

Rupel ou à l'embouchure de ses affluents et qu'il n'y en aura point dans l'intérieur de la Nèthe, il faudra, comme je le dis plus haut, diriger vers l'aval, et non pas vers l'amont, la terre que le courant enlèvera sur la rive gauche. C'est ce qu'il sera très facile d'effectuer, en n'opérant le démaigrissement artificiel de cette rive que pendant la marée descendante. Au surplus, il ne faut pas perdre de vue que ce n'est pas, en général, le plus ou le moins de vase tenue en suspension par les eaux, qui peut influer d'une manière sensible sur la formation des attérissements. Les attérissements proprement dits ne se produisent jamais que là où une cause particulière force les eaux à abandonner les *troubles* qu'elles contiennent; or, les causes particulières de cette nature que la rivière offrira lors de l'exécution des travaux, auront été combinées de manière à attirer les attérissements aux endroits où, loin d'être nuisibles, ils seront au contraire nécessaires à la conservation du régime. Quant à la crainte que l'on pourrait avoir que des particules vaseuses se déposent dans le chenal de la rivière, sans autre cause particulière que la supersaturation des eaux, il faut observer, d'abord, que ces particules ne sauraient se précipiter que pour autant que les eaux en seraient chargées au point de n'en plus pouvoir tenir en suspension, et qu'indépendamment de ce qu'un pareil effet ne peut pas être produit par quelques mètres cubes de terre délayés dans la masse totale des eaux d'une rivière telle que le Rupel, il ne faut pas oublier que l'on est toujours maître d'activer ou de ralentir à volonté l'affouillement de la rive par le courant, et de rendre aussi minime que l'on veut la quantité de terre dont on charge le liquide; en second lieu, quand même, à chaque marée, une partie des terres enlevées à la rive se déposerait dans le lit de la rivière, il est certain qu'à la marée suivante ces dépôts seraient de nouveau repris, en tout ou en partie, par les eaux, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'ils aient trouvé un endroit où ils puissent demeurer intacts, c'est-à-dire jusqu'à ce qu'ils soient parvenus aux travaux d'envase-

ment ; quant à la portion qui demeurerait sur le fond du chenal, quelque forte qu'on veuille la supposer, elle ne pourrait jamais couvrir que de quelques millimètres la surface du lit, et son existence ne saurait dès lors pas même être remarquée. Je le répète, lorsque des attérissements ne se forment pas dans la rivière, ce n'est jamais faute de vase ni de *troubles* pour les produire : c'est que les circonstances ne le permettent pas, et ce ne seront point quelques mètres cubes de terre de plus qui en détermineront la formation, puisque, dans la masse seule des eaux que chaque marée introduit dans la rivière, il y a assez de vase pour en couvrir le lit tout entier de plusieurs centimètres. Quel risque pourrait-il, par conséquent, y avoir dans l'emploi d'un procédé qui ne sera mis à exécution que lentement et d'une manière graduée, et qui permettra toujours de vérifier quels en sont les effets sur le régime ? Si l'on s'aperçoit d'un résultat défavorable, on saura immédiatement que l'érosion de la rive au confluent se fait avec trop d'activité, et que la rivière reçoit journellement plus de vase qu'elle ne peut en tenir en suspension sans la déposer dans les endroits où elle est nuisible ; il sera facile, dans ce cas, de modérer l'action du courant, en faisant mettre plus de lenteur dans le démaigrissement artificiel de la rive. Si, contre toute attente, la méthode elle-même était reconnue nuisible, malgré toutes les précautions dont son application est susceptible, on pourrait toujours s'arrêter à temps sans avoir rien perdu, et examiner si d'autres moyens doivent être employés.

96. *Détails d'exécution.* — Je reprends en détail la description des opérations du redressement. Ainsi que j'en ai montré plus haut l'utilité, les terres ne devront être détachées de la rive, et abandonnées au courant que pendant le reflux, afin qu'elles n'entrent pas dans l'intérieur de la Nèthe. Il sera essentiel que le démaigrissement du bord se fasse d'une manière bien régulière, afin qu'à chaque instant la rive présente une ligne continue et sans saillies. Toute irrégularité de cette espèce, aurait inévitablement pour effet de rejeter le courant

sur la rive opposée, où il enlèverait les dépôts que l'on doit y provoquer. Il sera nécessaire, à cet effet, que, pendant la durée du flux, les ouvriers employés aux travaux s'occupent à creuser les endroits qui auraient été épargnés par les eaux, ce qui arrivera principalement, je pense, dans la partie aval du redressement, parce que le plus grand effet du courant descendant se fera sentir en amont. Les terres qui seront enlevées ainsi pendant le flux ne devront pas être jetées à la rivière : on les transportera par canot sur la rive opposée. A l'époque de la marée basse, les ouvriers s'occuperont de la construction des ouvrages d'envasement sur la rive droite; comme cette rive devra être insensiblement avancée, à mesure que la rive opposée reculera, de manière à lui rester parallèle, il sera nécessaire d'y employer le système d'envasement par épis; cependant on combinera ce mode de construction avec celui de l'enceinte continue, afin de hâter et de régulariser l'envasement. Les épis seront perpendiculaires à la rive; ils seront construits en paniers chargés de briquaillons, posés à la suite l'un de l'autre et reliés entre eux; ils ne dépasseront en hauteur le niveau de marée basse que de 1^{m} : une plus grande hauteur exigerait une grande largeur d'empattement pour que l'épi fût stable, et l'on va voir que cette plus grande hauteur est inutile. Lorsque les épis auront été successivement prolongés jusqu'à la distance de 25^{m} environ de la rive actuelle, on reliera leurs extrémités par une enceinte continue en paniers jointifs chargés de briquaillons. Cette enceinte sera parallèle à la rive gauche, dans la position qu'elle occupera alors, et en sera distante de la largeur actuelle du lit, qu'il ne faudra en aucun cas diminuer. Elle servira, comme je l'ai fait voir pour Boom, à hâter et à compléter l'envasement obtenu entre les épis. On recommencera ensuite à prolonger les épis au delà de l'enceinte continue, et, lorsqu'ils seront arrivés à 25^{m} de distance en avant de cette enceinte, on en établira une seconde pareille à la première, et encore une fois parallèle à la rive gauche,

dans sa nouvelle position. On exhaussera en même temps la première enceinte, pour déterminer l'envasement à s'élever en hauteur derrière cette ligne; mais on ne rechargera point les épis qu'elle entoure, parce que cette partie de l'ouvrage ne pourra plus exercer d'influence sur l'envasement. La rive gauche continuant à reculer, on avancera constamment les épis, et l'on établira de nouvelles enceintes continues de 25 en 25 mètres, en exhaussant chaque fois les enceintes précédentes. Comme la partie antérieure de l'envasement sera continuellement à fleur de marée basse, et que la surface attérie aura une inclinaison très-faible depuis l'eau jusqu'au bord actuel de la rive, la poussée des dépôts vaseux sera presque nulle, aussi longtemps que l'on continuera à avancer la rive droite dans le lit, et les divers ouvrages d'envasement établis à l'intérieur suffiront pour maintenir le nouveau terrain, qui se consolidera d'ailleurs de plus en plus avec le temps. Lorsque l'envasement devra cesser en avant, la poussée deviendra sensible sur la ligne extérieure, destinée à devenir la nouvelle rive droite après l'achèvement complet du redressement. On élèvera le bord de cette nouvelle rive de la manière que j'ai indiquée en détail à propos des travaux devant Boom : on formera une digue solide en terre forte et en briquaillons, d'une épaisseur convenable, garantie à l'extérieur par des paniers ou des moellons, et élevée par couches successives bien entassées et calculées chaque fois de manière à être en état de soutenir les couches supérieures. L'envasement s'élèvera en arrière, à mesure que ces couches successives seront rechargées sur l'enceinte définitive, et l'on obtiendra de cette manière, sur le tracé voulu, une nouvelle rive droite exactement déterminée. A cette même époque, la rive gauche se trouvera également reportée sur le tracé desiré, et il s'agira alors d'arrêter l'action érosive du courant que l'on aura favorisée jusque-là, et qui ne cessera pas de s'exercer, à cause de la forme concave de la rive. Pour maintenir la nouvelle rive gauche, on emploiera le système de défense qui a

été expliqué en détail pour la rive du Rupel, attaquée dans la courbe immédiatement en aval du confluent. Le talus sera établi suivant une pente douce et couvert d'une couche de briquaillons maintenus par des clayonnages et appuyés, par le pied, sur une ligne de paniers plats tapissant la berge sous le niveau de marée basse. La digue actuelle de la rive gauche devra être reportée en arrière avant que l'on commence l'érosion artificielle du bord, afin que les terrains défendus par cette digue ne soient pas ouverts à l'inondation d'une forte marée, dans le cas où la digue actuelle serait entamée avant d'être remplacée.

97. Tels sont les moyens que je propose de mettre en œuvre pour obtenir le redressement de l'embouchure de la Nèthe et de celle de la Dyle. Par suite de ce redressement, les deux affluents seront réellement parallèles en se réunissant; les eaux entreront dans la Nèthe et en sortiront aussi librement qu'elles le font à la Dyle; tous les obstacles que l'on rencontre dans la première de ces deux rivières disparaîtront, pour faire place à un régime aussi régulier et aussi commode que celui de la seconde. Alors enfin l'embouchure de la Nèthe, obstruée aujourd'hui par d'énormes attérissements, donnera accès à de nouvelles masses de liquide qui opéreront dans la rivière un immense curage, et balayeront sur leur passage les nombreuses entraves auxquelles l'affaiblissement du courant à donné naissance.

CHAPITRE VII.

TRAVAUX EN AVAL DE BOOM.

98. En quittant Boom, on arrive aux briqueteries en aval de ce village; la largeur de la rivière y est très grande : elle varie entre 200 et 230 mètres. Vers le milieu de la longueur occupée par les briqueteries, le courant se porte contre la rive droite, et la rive opposée s'attérit, comme le marquent

les bancs qui s'y sont formés. Cette formation indique que le lit est trop large et qu'il y a nécessité de le rétrécir en avançant la rive gauche dans la rivière. Le nouveau tracé à adopter est marqué au plan; il a été déterminé par la condition de rester parallèle à la rive droite à une distance de 180^{m}. Le rétrécissement se fera par le moyen d'une enceinte continue en paniers, exhaussée à mesure que l'envasement aura lieu en arrière.

99. Le reste de la rivière jusqu'à l'embouchure ne donne lieu à aucune observation; en quelques endroits, le lit est très-large, mais il est suffisamment profond; dans d'autres, les rives reçoivent l'action directe du courant, mais elles sont bien défendues.

100. Quant à l'embouchure dans l'Escaut, j'ai déjà eu l'occasion de faire voir que la disposition des rives y est très vicieuse : j'ai indiqué comme remède radical et complet un long redressement qui ne rejoindrait le tracé actuel du Rupel qu'au hameau de Wintham; mais je me suis hâté d'ajouter que ce redressement est impraticable, parce que les dépenses qu'il exigerait sont hors de proportion avec les avantages que l'on en retirerait, quelque grands que ceux-ci puissent être d'ailleurs. Cependant il est indispensable et urgent que des mesures efficaces soient prises pour diminuer l'influence nuisible que la disposition actuelle de l'embouchure exerce sur le régime de la rivière entière.

101. *Tracé à obtenir.* — Le vice principal réside dans le brusque ressaut que les eaux du flux sont obligées de faire en entrant dans le Rupel. Lancées avec violence dans une petite anse à côté du fort Marguerite, elles n'en sortent qu'en se retournant sur elles-mêmes à angle droit, après avoir perdu une grande partie de leur vitesse initiale; elles ne pénètrent ensuite dans la rivière qu'en traversant en biais un étranglement où le lit n'a pas 130^{m} de largeur, mesurée perpendiculairement à son axe, et vont se briser contre la rive opposée, d'où elles se dirigent enfin, d'une manière un peu

moins tourmentée, vers l'intérieur. On pourrait éviter ces chocs et faire disparaître en même temps l'étranglement que l'on remarque à l'endroit appelé *Tolhuys,* en traçant la rive gauche suivant une courbe douce et d'un grand développement, établie de manière à permettre aux eaux en mouvement de changer insensiblement leur direction primitive en une autre perpendiculaire à la première, sans être ballotées et tourmentées en tous sens, comme elles le sont aujourd'hui. Le tracé le plus convenable à adopter est celui que j'ai indiqué au plan. Je ne crois pas avoir besoin d'en démontrer les avantages sur celui de la rive actuelle : l'inspection seule du plan doit suffire pour en convaincre. La largeur à l'embouchure ne sera pas changée : elle sera un peu diminuée à côté du fort; un peu plus haut, devant la pointe, elle sera de beaucoup augmentée. On pourrait craindre que cet élargissement ne forçât le fond du lit à se relever; mais il faut remarquer qu'en cet endroit la profondeur est très considérable, puisque elle dépasse de 4 mètres les plus grandes profondeur du chenal en amont, en sorte qu'elle pourrait, au pis aller, être diminuée sans aucun inconvénient; la largeur de la section, après le changement, ne sera encore que ce qu'elle est plus haut, où la profondeur est amplement suffisante, quoique l'action de la marée y soit bien moindre que plus près de l'embouchure. D'ailleurs, l'ensablement du fond n'aura pas nécessairement lieu en raison de l'élargissement proposé; car, comme je l'ai déjà dit plusieurs fois, l'action de la marée augmente avec la facilité qu'on lui offre, comme elle diminue en raison des obstacles qu'on lui oppose, et, s'il est vrai de dire, en général, que, dans une rivière ordinaire, lorsqu'on double la largeur du lit, il faut que la profondeur se réduise à moitié, parce que la quantité d'eau qui passe reste toujours la même, ici, par contre, lorsqu'on augmente la largeur de l'entrée, la masse d'eau qui agit sur le fond devient plus grande; en sorte que l'intensité de l'action augmente en même temps que la surface du fond sur laquelle elle doit se répartir; et

la profondeur qui en est l'effet, ne diminue pas en proportion de l'augmentation de largeur.

102. *Moyens d'exécution.* — Le changement que je propose ne se ferait pas sans des frais assez considérables, s'il devait s'exécuter en entier à bras d'homme; mais il est possible de mettre en œuvre ici, comme à l'embouchure de la Nèthe, une action naturelle qui facilitera extrêmement le travail. Avant tout, il faudra commencer par établir une nouvelle portion de digue, en remplacement de celle qui se trouve en dehors du tracé à obtenir : les terres dont on aura besoin seront prises entre la digue actuelle et l'emplacement de la nouvelle digue; les déblais que l'on fera diminueront d'autant la masse des terres à enlever pour amener le lit à l'état voulu.

103. *Fixation de la rive gauche.* — Il est facile de voir que, lorsque le redressement sera achevé et qu'on aura obtenu sur la rive gauche le tracé indiqué, le courant se portera sur cette rive tout le long du nouveau tracé, puisque ce n'est que par la résistance de la rive gauche que les eaux arrivant de l'Escaut pourront infléchir la direction de leur mouvement pour suivre le lit du Rupel. Il résulte de là que le courant exercera une action érosive sur la rive en question, lorsqu'elle sera établie dans sa nouvelle position. Cette action érosive, qui existe déjà en partie aujourd'hui, est plutôt favorable que nuisible dans les parties saillantes qui sont en dehors du tracé, puisqu'elle nous servira à déblayer ces saillies; mais, dans la partie rentrante qui se trouve en deçà du tracé, l'action du courant ne pourra qu'être nuisible, puisqu'elle tendra à enlever les dépôts que l'on doit y provoquer. Il sera donc nécessaire que, dans cette partie rentrante, on établisse, sur le tracé de la rive, une enceinte capable de retenir les dépôts qui se trouveront entre elle et la rive actuelle, et capable en même temps d'empêcher que le courant ne vienne les y enlever. Une pareille enceinte se construira sans peine en paniers ordinaires avec ou sans fond, chargés de

pierrailles et reliés entre eux comme je l'ai déjà plusieurs fois expliqué. Cette enceinte s'élèvera peu au-dessus du niveau de marée basse, et sera ensuite successivement exhaussée d'après le système général que j'ai exposé en détail, à propos des travaux devant Boom. Le déblai de la partie saillante de la rive devra se faire par l'action du courant, aidée d'un démaigrissement artificiel analogue à celui qui a été indiqué plus haut à l'embouchure de la Nèthe.

104. Dans le cas présent, on aura l'avantage de pouvoir diriger l'opération du déblai de manière à n'avoir pas à craindre de charger les eaux de la rivière de trop de vase. Comme l'endroit où l'on veut provoquer des dépôts est en aval de la partie de rive à enlever, on ne devra détacher les terres que pendant la marée descendante, et tout l'excédant de la vase qui ne se déposera pas immédiatement en aval sera entraîné dans l'Escaut, où le régime est établi d'une manière trop régulière, et où la section du lit est trop considérable, pour que l'on ait rien à craindre.

105. Lorsque la rive aura été déblayée jusqu'à la ligne proposée, on arrêtera son érosion ultérieure, en la défendant contre l'action du courant par les moyens déjà indiqués. On dressera le talus de la berge selon une pente douce, que l'on couvrira de clayonnages croisés et de briquaillons, et dont on tapissera le pied par des paniers plats et des roseaux. Ce revêtement pourra même s'effectuer d'avance et à sec, avant le déblai de la rive, en utilisant à cet effet les déblais à exécuter pour la construction de la contre-digue en arrière de la digue actuelle.

106. Tels sont les changements que réclame l'embouchure du Rupel, et les moyens qu'il convient d'employer pour les exécuter. Dans l'impossibilité où l'on est de diminuer l'angle considérable que forme la direction de l'Escaut avec celle de son affluent, on doit se contenter de faire disparaître les obstacles contre lesquels le courant vient perdre inutilement toute sa force. C'est ce que j'ai, autant que possible, taché de

faire. Par la nouvelle disposition que je propose, le courant de l'Escaut, s'il ne peut pas, comme il devrait en entrant dans le Rupel, continuer sa route dans le prolongement direct de celle qu'il vient de quitter, pourra au moins changer sa direction le long d'une rive unie, sans éprouver tous les chocs qui l'affaiblissent aujourd'hui.

CHAPITRE VIII.

CONCLUSION.

107. Résumons en quelques mots ce qui a fait l'objet du présent mémoire.

Les rivières où le flux et le reflux de la marée se font sentir, doivent être soigneusement distinguées des rivières où la marche des eaux est constamment descendante. Dans celles-ci, l'intensité du courant est indépendante de la configuration du lit et des autres circonstances que leur cours rencontre : les travaux qu'on l'on y exécute ne peuvent ni augmenter ni diminuer la masse des eaux qu'elles charrient. Dans les premières, au contraire, le courant qui provient de la marée n'a pas d'intensité absolue, parce qu'il dépend du volume du liquide auquel la rivière donne entrée pendant les six heures que dure la période ascensionnelle du flux. Chaque obstacle que le courant rencontre oppose une résistance particulière à l'entrée des eaux et diminue la quantité de celles qui pénètrent dans la rivière, et, comme toutes les eaux qui sont entrées pendant la marée montante doivent sortir pendant la marée descendante, il en résulte que l'obstacle qui affaiblit le courant ascendant, parce qu'il diminue la masse des eaux qui entrent, doit affaiblir d'une égale quantité le courant descendant, parce qu'il diminue la masse des eaux qui peuvent sortir.

108. Ainsi, dans les rivières ordinaires, c'est l'intensité du courant qui détermine la section du lit, tandis que dans les rivières à marée, c'est la section du lit qui détermine généralement l'intensité du courant ; dans les rivières ordinaires,

le rétrécissement du lit occasionne l'affouillement du fond ou le gonflement de la surface liquide; dans les autres rivières, il n'occasionne que des attérissements en amont et en aval de l'obstacle; dans les rivières ordinaires, les entraves que l'on oppose au courant produisent une dénivellation de la surface et une augmentation de rapidité dans le mouvement des eaux; dans les autres, les entraves ne produisent que des ensablements et des dépôts sur toute l'étendue du lit.

109. En un mot, les mêmes moyens appliqués aux deux sortes de rivières amènent des résultats exactement opposés, ce qui montre qu'il faut bien se garder de confondre les remèdes propres à chacune d'elles. C'est cependant une erreur qui se commet plus souvent qu'on ne pourrait le croire, en sorte que, quelque incontestables que soient les principes sur lesquels j'ai basé toutes mes propositions et tous mes raisonnements, encore suis-je loin de regarder comme inutiles les développements et les preuves que j'en ai donnés en commençant. La théorie de ces principes, si je puis m'exprimer ainsi, est suffisamment admise; mais la pratique ne l'est pas. Ils n'existent en quelque sorte qu'à *l'état latent* dans bien des esprits : j'avais besoin, pour justifier mes propositions, de les faire passer à *l'état sensible*.

110. Ayant ainsi établi les principes sur lesquels je voulais me baser, j'ai recherché quels changements la rivière avait subis depuis plusieurs siècles, afin d'apprécier et de mesurer, en quelque sorte sur leurs effets mêmes, l'importance des causes naturelles qui ont agi sur le régime pour le modifier. J'ai fait voir que les anciennes digues doivent indiquer la trace de l'ancien lit. Si la largeur qu'elles marquent paraît excessive aujourd'hui, le doute peut être levé par une seule considération, c'est qu'à l'époque où le Rupel a été endigué, l'Escaut avait une largeur double et triple de celle qu'il a à présent : d'anciennes cartes, et la date bien connue des endiguements successifs, par lesquels on a de plus en plus encaissé ce fleuve, ne laissent pas la moindre incertitude à cet

égard. Quoi d'étonnant donc que l'affluent ait diminué de largeur, si le fleuve principal a été considérablement réduit? Il y aurait plutôt lieu de s'étonner du contraire.

111. J'ai fait reconnaître, par la situation des digues aux confluents des divers cours d'eau, l'existence primitive d'une sorte de lac à chacun de ces confluents, circonstance que j'ai expliquée par la perte de vitesse due au choc des courants, par la stagnation qui en résultait, par le gonflement du liquide qu'une pareille stagnation devait nécessairement occasionner, enfin par la facilité que les eaux gonflées au-dessus de leur niveau trouvaient à s'étendre en surface dans un terrain à peu près horizontal. L'espèce de lac ou de delta dans lequel le confluent avait lieu, s'est insensiblement comblé par des attérissements, et les lits des cours d'eau s'y sont dessinés d'une manière plus distincte. Ces lits ne se sont pas partout fixés dans la position la plus favorable, c'est-à-dire, de manière que l'angle de rencontre des affluents fût le plus petit possible, et que leur direction commune, après la réunion, approchât le plus possible de la résultante de leurs deux directions précédentes; il est résulté de ces irrégularités que presque partout les confluents et les embouchures présentent de sérieux obstacles à la marche des courants, et que c'est peut-être là que l'on doit chercher la cause première de la détérioration du régime.

112. J'ai fait voir subsidiairement que les obstacles qui s'opposent à la marche des courants ne sont pas les seules causes qui aient contribué à réduire le débouché de la rivière; que la nature seule, même quand ces causes accessoires n'existent pas, met en jeu une action inévitable, qui tend continuellement à réduire le lit : c'est l'envasement insensible qui a lieu chaque fois qu'un repos momentané dans le courant permet aux parties terreuses de se précipiter sur le fond, circonstance qui se représente à chaque marée étale, soit haute, soit basse. Cette action est extrêmement lente, parce que la plus grande partie des dé-

pôts formés pendant l'instant de repos de la marée, sont enlevés par le courant qui y succède; mais cependant il est certain qu'une partie de ces dépôts demeure en place, puisque tous les cours d'eau, sans exception, qui doivent leur importance à la marée, s'envasent plus ou moins rapidement. On ne peut combattre cette tendance qu'en donnant aux courants plus d'intensité et de force.

C'est donc là que tout se résume : favoriser l'entrée des eaux dans la rivière; faciliter leur marche à l'intérieur, et accroître ainsi la masse des eaux et la force des courants.

113. Je veux citer un exemple frappant de cette vérité.

Au port d'Ostende, le chenal a, pendant de longues années, formé l'embouchure d'une véritable rivière à marée, dont l'importance pouvait être comparée à celle du Rupel; ce chenal faisait partie d'une crique, qui établissait une communication directe entre la mer et une étendue de terrains inondés de deux à trois mille hectares, autour de la ville; le volume d'eau qui passait à chaque marée dans la crique était plus que double de celui auquel le Rupel livre passage. Les mêmes questions que nous avons à résoudre pour cette rivière se sont présentées plus d'une fois au chenal d'Ostende : c'est toujours en augmentant la force des courants et la masse des eaux qui les constituaient, que l'on est parvenu à combattre les ensablements et à maintenir la section nécessaire. Je ne puis m'empêcher de citer ici quelques détails sur cet exemple remarquable de l'emploi des principes posés au commencement de ce mémoire.

114. Lors du siége d'Ostende par les archiducs, au commencement du 17e siècle, les assiégés rasèrent les dunes qui dominaient la ville du côté de l'est : ils donnèrent par là accès à la mer dans les terrains bas qui entourent la place. Deux à trois mille hectares se trouvèrent ainsi inondés. Les eaux s'écoulaient à chaque marée par l'ouverture pratiquée à l'est de la ville, et creusèrent rapidement un chenal profond qui devint par la suite le port d'Ostende. Le chenal ne fut que

l'embouchure de criques considérables qui sillonnèrent les terrains inondés. Après la reddition de la ville, on maintint le chenal et on le protégea par quelques ouvrages; mais l'action des courants y était si violente, et la profondeur si grande, que l'on eut de la peine à conserver ces travaux, et que l'on songea à resserrer l'inondation sur une plus petite étendue. On endigua successivement les trois quarts des terrains submergés, en ne conservant l'inondation que sur le dernier quart. Mais celui-ci s'envasa bientôt, et, s'exhaussant successivement par les dépôts qui s'y formaient, il ne fournit plus assez d'eau pour curer le port. En 1662, un demi-siècle après que l'on eut restreint l'inondation, on ne trouva plus dans le port que $0^m,50$ à 1^m d'eau, à marée basse. On résolut alors d'augmenter le courant, en étendant l'inondation sur quelques-uns des terrains précédemment endigués; à la suite de l'exécution de ce projet, le chenal se déblaya de nouveau de manière à donner, en 1698, jusqu'à 16^m d'eau à marée basse. Cette profondeur ayant effrayé les habitants, et occasionnant de grands frais de réparation aux travaux, on referma l'endiguement. La profondeur diminua de nouveau, de telle sorte que, en 1720, il fallait encore songer à empêcher le chenal de se fermer : on recourut au même remède, et toujours avec le même succès. Je ne veux pas pousser plus loin cette digression, quoiqu'elle se rattache directement au sujet que je traite. Il me suffit d'avoir montré, par un exemple bien connu, quel parti l'on peut tirer de l'assistance de la marée, lorsqu'on en dirige convenablement l'action, et combien il est vrai que le seul moyen d'obtenir et de conserver la profondeur dans un chenal, est de favoriser l'entrée et la sortie de la masse liquide et d'augmenter la force des courants, en appelant les eaux vers l'intérieur et en enlevant tous les obstacles qui s'opposent à leur marche.

115. Il est bien à regretter que l'on ne puisse pas employer, dans le Rupel, le moyen qui a si souvent réussi à Ostende : celui de former en arrière un bassin d'inondation où

les eaux de la marée puissent venir se répandre en masses considérables, de manière à augmenter dans une notable proportion le volume du liquide auquel la rivière donne passage. Nul doute que, par une telle disposition, la face des choses ne fût en peu de temps changée totalement, et que la rivière n'eût bientôt repris ses anciennes dimensions et son ancienne profondeur. Mais, puisqu'un tel moyen n'est pas praticable, on est forcément réduit à se contenter de favoriser l'action des courants en facilitant leur marche et en faisant disparaître, autant que possible, les causes qui les entravent.

116. Quand on recherche ces causes, on trouve qu'elles résident principalement dans les changements brusques de direction, et en particulier dans le défaut de parallélisme des courants qui se rencontrent; dans les rétrécissements subits et dans les élargissements non motivés du lit; dans l'existence de bras ou de passes secondaires qui affaiblissent le courant principal et enlèvent, en pure perte, une partie de l'action qu'il faut concentrer sur la passe principale; enfin dans l'érosion que les eaux exercent sur les parties concaves des rives, érosion qui absorbe inutilement une grande quantité de travail utile.

Mes propositions de travaux ont eu pour but de parer à ces divers inconvénients et de les faire disparaître, autant que possible, partout où ils se font sentir.

117. Quant aux moyens à employer à cet effet, j'ai fait voir qu'ils devaient être lents et progressifs, qu'ils devaient toujours s'appuyer sur une des tendances naturelles de la rivière, et que leur objet principal ne devait être que de venir au secours de ces tendances préexistantes. C'est ce principe qui me guide, chaque fois que je veux combattre une des causes de détérioration du régime que j'ai énumérées ci-dessus. Lorsque le courant change brusquement de direction et qu'il s'agit d'adoucir la transition, je me sers de la tendance que montrent les eaux à mordre toujours la rive concave, à l'endroit où la direction s'infléchit, je favorise cette tendance en facilitant l'érosion, jusqu'à ce que je sois parvenu à reculer

la rive dans la position qui me paraît la plus convenable. Il en est de même en cas de rétrécissement du lit : je facilite l'érosion des bords, à l'endroit où le courant resserré exerce naturellement une action plus forte pour les entamer. S'agit-il d'un élargissement du lit ou d'un bras secondaire à supprimer, j'appelle à mon aide la tendance de la rivière à l'envasement, j'offre au liquide l'occasion de demeurer momentanément en repos, provoquant ainsi, dans la portion du lit que je veux supprimer, le dépôt des particules terreuses tenues en suspension, et je comble, par un attérissement artificiel, l'espace que je veux fermer aux eaux de la rivière. Enfin, si le courant s'use et s'affaiblit à ronger une rive que je veux conserver, je la protége par un revêtement solide, et j'établis le talus selon la plus faible inclinaison possible, de manière que le courant suit la rive sans l'endommager, et s'élève le long du talus, au lieu de le ronger en se brisant contre lui, et, encore une fois, pour remplacer la résistance du terrain, qui est seule employée à présent à diriger le cours des eaux, je me sers de l'action de la pesanteur, qui remplit le même office, sans dégâts et sans perte de travail.

118. En agissant de la sorte, je suis assuré que les mesures que je propose sont exemptes de tout risque, et qu'elles sont les plus économiques qu'il soit possible de mettre en œuvre pour atteindre des résultats qui sont tous d'une grande importance.

119. C'est pourquoi, je le répète ici, on ne peut pas se dispenser d'en faire au moins l'essai. Car les résultats, s'ils sont favorables, comme je n'en doute nullement, seront doublement grands, eu égard aux moyens simples que l'on aura mis en usage pour les obtenir ; au contraire, si l'essai ne réussit point, on n'aura fait inutilement aucune grande dépense, on n'aura détérioré en rien l'état actuel des choses, et l'on sera toujours libre de reprendre la question au point où elle est aujourd'hui. Les changements, s'il y en a, ne pourront que rendre meilleure la situation actuelle de la rivière.

DESCRIPTION

DE LA

MACHINE A TOURNER LES TOURILLONS,

ÉTABLIE A LA FONDERIE DE LIÉGE, EN 1840;

PAR C. FRÉBÉRIX,

LIEUTENANT-COLONEL D'ARTILLERIE, DIRECTEUR DE L'ÉTABLISSEMENT.

Autrefois les tourillons des canons n'étaient pas tournés. Ceux des pièces en bronze étaient ajustés au burin et à la lime, et ceux des pièces en fonte coulées en sable étaient laissés dans l'état où ils se trouvaient au sortir du moule.

Ces derniers étaient souvent défectueux, les matières étrangères que renferme toujours en plus ou moins grande quantité la fonte en fusion, se trouvant arrêtées par la partie supérieure de leur moule, au lieu de remonter jusqu'à la masselotte, on devait alors rebuter les pièces; de plus, les tourillons étant coulés aux dimensions qu'ils devaient conserver, dimensions peu considérables, la fonte dont ils se composaient était plus blanche que celle de la pièce elle-même, et il arrivait qu'ils cassaient dans le tir.

Pour obvier à ces inconvénients, on dut augmenter les dimensions des tourillons, surtout à la partie antérieure, et on les ramenait ensuite à la forme prescrite, au moyen du burin et de la lime; cette opération exigeant beaucoup de temps et occasionnant une grande dépense, on imagina, dans les fonderies anglaises, une machine pour tourner les tourillons, qui fut ensuite introduite dans les fonderies de l'Allemagne et de la Suède.

Les bons effets des ces machines ayant été reconnus, on les étudia toutes à la fonderie de Liége, et l'on en construisit enfin une, qui, sans avoir les défauts des machines existantes, réunit leurs différentes qualités et donne les moyens d'obtenir très-économiquement des tourillons d'une parfaite exactitude.

La machine de Gospel-Oak, en Angleterre, tourne les deux tourillons à la fois; mais il faut deux ouvriers pour faire avancer les couteaux, et un troisième pour surveiller tout le travail.

L'arbre moteur de cette machine se trouve au-dessus de la bouche à feu, de sorte qu'il faut démonter la machine pour y placer la pièce.

La machine d'Aker, en Suède, est plus perfectionnée que celle de Gospel-Oak; mais les couteaux avancent également au moyen de croisillons mus par des ouvriers.

La machine d'Augsbourg, construite par le célèbre Reichenbach, de Munich, vaut mieux que les deux précédentes; mais elle ne tourne qu'un tourillon à la fois, ce qui double la durée de l'opération. Toutes les pièces de cette machine sont en bronze, fer forgé, ou acier. Elle a coûté 10,000 fr.

Les machines de Berlin et de Sayn ne tournent également qu'un tourillon à la fois. Celle de Berlin a coûté, avec deux bancs de forerie, 36,000 thalers. Elle a été construite par le mécanicien Hummel.

La machine de Liége a coûté 8,206 frs. 51.

Cette machine est supérieure à toutes les autres, en ce qu'elle permet de tourner les deux tourillons à la fois, qu'elle n'exige pas le déplacement de l'arbre moteur, et qu'elle peut servir à tourner les tourillons des cylindres, des machines à vapeur et d'autres pièces en fonte analogues, opération qui exige de grands efforts.

On doit établir à la fonderie de canons de Douai la machine à tourner les tourillons de Liége.

On a évalué que la force motrice nécessaire pour le travail

de cette machine, est le dixième de celle de la machine à vapeur qui fait mouvoir les bancs de forerie et qui est de la force de 20 chevaux.

La dépense journalière de cette machine à vapeur est de 16 fr. 67 c. La machine à tourner les tourillons coûte donc par jour. . . . . fr. 1,67 c.

Il faut ajouter à cette dépense le salaire de l'ouvrier qui surveille le travail. . . . 2,00

Ainsi 11 heures de travail de cette machine coûtent 3,67

Pour tourner et dresser les tourillons au moyen de cette machine, il faut employer le temps suivant :

Canon à bombes de 150 et de 80. . .	11	heures.
Id. de 30 et de 24. . .	10	id.
Id. de 18.	9 1/2	id.
Id. de 12 et de 6. . .	9	id.

Pour dresser et ajuster les tourillons d'un canon de 30 ou de 24 au burin et à la lime, il faut 17 journées d'un bon ajusteur dont le salaire *minimum* est de fr. 1,90 c.: donc fr. 32,30 c., ou plus de 9 fois la dépense occasionnée par la même opération, quand elle s'effectue à la machine dont nous allons donner la description.

Presque toutes les pièces composant la machine à tourner les tourillons de la fonderie de Liége sont en fonte ou en fer forgé, les coussinets et quelques cylindres sont en bronze, les couteaux sont en acier fondu.

Cette machine a été établie dans un des intervalles existant entre les bancs de la forerie, ce qui a permis de prendre directement le mouvement sur le prolongement de l'arbre moteur de la machine à vapeur de la forerie, et de profiter du chariot à treuil servant au transport des canons dans l'atelier, pour le placement des bouches à feu dont on veut tourner les tourillons.

Nous allons d'abord donner la nomenclature des différentes

pièces qui composent cette machine, puis nous expliquerons la manière dont elle fonctionne.

Le plan de la machine est représenté pl. II, fig. 2.

La fig. 1, pl. II, et la fig. 1, pl. III, sont deux vues de la machine, l'une prise perpendiculairement et l'autre parallèlement à l'axe du canon.

La fig. 2, pl. III, représente une coupe brisée longitudinale de la machine suivant XXXX.

Les autres figures renferment divers détails nécessaires à l'intelligence de la machine.

Toutes ces figures, ainsi que 4, 5, 6, 7, 22, 24, 29 et 30, sont construites à l'échelle de $\frac{1}{20}$ à l'exception de la fig. 3, pl. III, qui est construite à l'échelle de $\frac{1}{40}$, et les parties restantes de détail, qui sont au $\frac{1}{10}$.

AA, pl. III, fig. 3, grande plaque en fonte de $1^m,10$ d'épaisseur, pesant 4150 kilog.; elle sert de base à la machine, et elle repose sur un massif en maçonnerie solidement établi dans le sol.

Deux chemins parallèles entre eux et horizontaux, règnent dans le sens de la plus grande longueur; deux autres chemins, également horizontaux et parallèles, mais perpendiculaires aux premiers, traversent la plaque dans le sens de sa plus grande largeur. La fig. 3, pl. III, fait voir comment la continuité de ces divers chemins est interrompue vers le milieu de la plaque, pour le placement des paliers à canons, des supports à coussinets et de l'arbre de couche de la machine.

Chacun de ces divers chemins est surmonté d'une directrice terminée en dos d'âne; la plaque est percée de rainures a, a, parallèles aux divers chemins destinés au passage des boulons à T qui fixent les pièces principales de la machine; la tête de ces boulons trouve un logement dans l'épaisseur de la plaque; sur celle-ci se trouve fixée une crémaillère : nous verrons plus loin que c'est par l'intermédiaire d'un pignon engrenant cette crémaillère, que l'on fait mouvoir les paliers à canons dans le sens de la plus grande largeur de la plaque.

Les trois supports à coussinets *b*, fixés par des vis aux deux extrémités et au milieu de la plaque, sont destinés à recevoir l'arbre de couche, qui transmet le mouvement du moteur à la machine.

B, petit arbre horizontal, fixé, par un support double à coussinets, sur une pièce de bois D, de la forerie. Cet arbre B peut s'embrayer à volonté avec l'arbre moteur C de la machine à vapeur de la forerie, au moyen d'un échappement à griffes.

L'extrémité de l'arbre B porte un pignon qui engrène avec une roue fixée à l'extrémité de l'arbre de couche horizontal EE.

E E, arbre de couche parfaitement tourné et cylindrique, fixé, par ses deux extrémités et par son milieu, dans les supports à coussinets *b*, représentés fig. 3, pl. III.

L'arbre EE, outre la roue dentée qui engrène celle qui est fixée à l'extremité de l'arbre B, en porte encore deux autres, engrenant les roues FF, qui emboîtent les arbres HH. L'arbre EE porte aussi vers ses extrémités deux réglettes, qui servent de directrices à un cylindre creux en bronze *e e*, pl. III, fig. 4, dans lequel il passe deux cannelures longitudinales, creusées intérieurement dans ce cylindre et qui servent de logement aux réglettes.

Le cylindre en bronze sert d'essieu à la roue dentée *é é*, pl. III, fig. 2, qui engrène la roue F et porte aussi extérieurement, sur une moitié de sa longueur, deux réglettes servant de directrices à une poulie à griffes, pl. III, fig. 5, qu'on peut faire glisser sur le cylindre au moyen d'un levier *g*, pl. III, fig. 6, dont la bague *h* embrasse la gorge de la poulie, de sorte que la roue dentée *é é*, qui se trouve sur le cylindre en bronze du côté opposé aux réglettes, ne participera du mouvement de ce dernier, ou de l'arbre de couche, que quand les deux griffes de la poulie viendront embrayer deux autres griffes placées sur une de ses faces. Ce système d'échappement s'appelle échappement à griffes.

GG, supports doubles à coussinets; chacun deux est formé

de quatre montants, joints par quatre traverses et coulés d'une seule pièce; chaque support double doit soutenir l'un des arbres HH par ses deux bouts.

La fig. 1, pl. III, représente une vue prise parallèlement à l'axe du canon; on y voit comment ces supports emboîtent les directrices en dos d'âne, qui se trouvent sur la grande plaque en fonte AA, et comment on les fixe sur celle-ci par des boulons à T.

K, pl. III, fig. 7, cylindre en bronze, qu'on place entre ceux des coussinets des supports GG qui sont les plus voisins de la vis de pression *n*. Ce cylindre est muni de deux épaulements qui l'empêchent de sortir des coussinets; il est fixé par la partie LL à la roue dentée F; enfin il est traversé dans son intérieur par deux cannelures qui servent de directrices à l'arbre HH, comme nous le verrons plus loin.

HH, arbres soutenus dans les supports doubles à coussinets GG; leurs axes sont le prolongement l'un de l'autre et horizontaux. Ils se composent de trois parties cylindriques, comme on le voit dans les fig. 1 et 2, pl. II, et fig. 2, pl. III; la partie *i* se place dans le cylindre K, pl. III, fig. 7, lorsque celui-ci est mis entre les coussinets du support GG. Cette partie cylindrique *i* porte deux réglettes, qui entrent dans les cannelures du cylindre K; par ce moyen, l'arbre H devra tourner en même tems que le cylindre K, et pourra de plus se mouvoir longitudinalement

i', partie de l'arbre soutenue entre ceux des coussinets des supports GG qui sont les plus voisins du canon; *i''*, partie de l'arbre où l'on fixe le manchon *l*, muni de ses couteaux.

m, fig. 8, pl. III, petit cylindre terminé par un cône entrant dans un logement pratiqué dans l'arbre H; la pointe du cône doit se trouver dans le prolongement de l'axe de l'arbre pl. III, fig. 2.

n, pl. III, fig. 2 et 9, vis de pression servant à communiquer le mouvement de translation aux arbres HH; la partie *o* de cette vis est reçue dans un coussinet formé par la réunion

des branches *pp*, portant des supports GG; deux petits épaulements la maintiennent de sorte qu'elle ne puisse avoir qu'un mouvement de rotation sur elle-même.

Le filet de cette vis est reçu dans un écrou en bronze pl. III, fig. 2 et 10, logé dans un encastrement pratiqué à l'extrémité de la partie de l'arbre H. Une cannelure circulaire, faite à l'extrémité de cet écrou, reçoit les parties intérieures de deux demi-plates-bandes circulaires, pl. III, fig. 2 et 11, lesquelles sont fixées ensuite, au moyen de vis, sur l'extrémité de la partie *i* de l'arbre HH.

L'extrémité de l'écrou porte une queue à fourche qui embrasse l'une des trois branches *p*, et s'oppose ainsi à ce que l'écrou ait un mouvement de rotation. On conçoit maintenant que si on imprime à la vis un mouvement de rotation, l'arbre HH recevra de l'écrou avec lequel il fait corps, un mouvement de translation.

Pour imprimer à la vis *n* un mouvement de rotation, on a fixé une roue dentée en bronze *r*, sur la face extérieure du cylindre K, pl. II, fig. 1 et 2, pl. III, fig. 1 et 2. Cette roue engrène la roue *s*, placée sur un petit arbre horizontale *t*, fig. 12. La partie *t* de cet arbre repose dans l'extrémité d'un grand support P; l'autre bout est reçu dans un petit coussinet fixé à l'un des montants du grand support G; un échappement à griffes, fig. 13 et 14, permet de mettre à volonté l'arbre *t* en mouvement.

Trois leviers plats *u u'*, *v v'* et *w w'*, fig. 15, 16 et 17, sont fixés entre eux de manière que *u'* soit en *v* et *v'* en *w*.

Ces leviers, quoique joints, peuvent avoir un mouvement de rotation autour de leurs extrémités; si l'on fixe maintenant le levier *u u'* au bout de l'arbre *t*, pl. III, fig. 1, et l'extrémité *w'* du levier *w w'* au bout de la vis, l'arbre étant en mouvement, le point *u* décrira une circonférence sur laquelle devra constamment s'appuyer l'extrémité *v* du levier *v v'*. Il est facile de concevoir alors que *w w'*, qui est soumis à *v v'*, recevra un mouvement circulaire, successivement de haut en bas

et de bas et haut. Pour profiter de ce mouvement, on a fixé au levier *w w'* un petit cliquet o', qui s'engage dans les dents d'une roue à rochets R, fixée à l'extrémité de la vis de pression ; dès lors, il est certain que, quand le levier *w w'* se mouvra de bas en haut, elle imprimera à la vis un mouvement de rotation, et que de même, à chaque ascension du levier *w w'* le cliquet glissera sur la roue à rochets.

Afin d'empêcher la roue à rochets de suivre le mouvement d'ascension du cliquet, on a mis en sens opposé un arrêtoir ou crochet en fer *o''*, qui s'engage dans les dents de la roue quand le cliquet monte, et qui glisse au contraire sur ces dents, quand ce dernier descend.

Le levier *u u'* est percé d'une entaille longitudinale, qui permet de varier à volonté le rayon de la circonférence décrite, et d'obtenir ainsi, selon les circonstances, des mouvements de translation différents.

l l, fig. 1 et 2, pl. II, et fig. 2, pl. III, manchon armé d'un couteau coupant de face ainsi que de côté, destiné à tourner le tourillon qui est fixé. La fig. 1, pl. II, fait voir comment le porte-lame *y*, auquel est fixé le couteau *v*, pl. III, fig. 20 et 21, peut se rapprocher ou s'éloigner à volonté de l'axe du manchon, ou être fixé en place, en opérant convenablement sur les vis de pression.

LL, grands paliers à canons, fixés sur la grande plaque en fonte par des boulons à T; ils sont susceptibles d'être placés plus ou moins près l'un de l'autre, suivant la longueur du canon dont on veut tourner les tourillons, en glissant le long des directrices de deux des chemins de la grande plaque, qu'ils emboîtent parfaitement.

Les paliers à canons sont chacun pourvus d'un pignon, fig. 22, engrenant la crémaillère de la grande plaque; leur distance respective est maintenue par deux traverses en fer forgé, ainsi que le présente les fig. 1, pl. II et fig. 1, pl. III. Les paliers sont surmontés d'un chapiteau en fonte, et sont munis de quatre vis de pression destinées à placer convenablement le canon.

O, fig. 23, petits tasseaux à griffes ou segments de cercle en fonte, interposés entre les extrémités des vis et la surface du canon, afin d'empêcher celui-ci de tourner pendant le travail. Pour augmenter encore la stabilité du canon, on le fait reposer sur un collier en fonte *l'*, fig. 24, formé de deux plans inclinés, et que la vis de pression de dessous élève à une hauteur convenable. Ces colliers sont logés de chaque côté dans des rainures pratiquées aux montants des paliers.

On peut maintenant se rendre compte de la marche de l'opération.

D'abord le canon est amené sur ses paliers, à l'aide du chariot à treuil de la forerie, qui peut passer fort heureusement à une certaine distance au-dessus de la machine. On conçoit ensuite qu'il est toujours possible de placer le canon de manière que l'axe des tourillons se trouve dans le prolongement de l'axe des arbres HH, ce que l'on vérifie à l'aide de la pointe du petit cylindre *m*, fig. 2 et 8, pl. III, qui doit rencontrer, sur la tranche de chaque tourillon, le point qui en marque l'axe.

Cette opération faite, et les manchons étant en place et armés de leurs couteaux, il n'y aura plus qu'à embrayer l'arbre B et engager les roues dentées de l'arbre EE; car ces roues agissant sur les roues FF, feront tourner celles-ci, et par suite les arbres HH ainsi que leurs manchons *ll*.

Le mouvement des arbres HH étant transmis aux petites roues dentées *r* et *s*, et partant à l'arbre *t*, celui-ci mettra en mouvement les trois leviers, lesquels imprimeront, par l'intermédiaire de la vis *n*, un mouvement de translation alternatif aux arbres HH, et feront par conséquent avancer les manchons vers l'axe du canon.

La facilité avec laquelle les arbres HH glissent entre les coussinets et dans les cylindres en bronze *k*, fixés sur les supports GG, fait que le mouvement de translation ne nuit en rien au mouvement de rotation.

Les divers échappements dont nous avons parlé permettront d'arrêter immédiatement le mouvement de la machine ou de chacune de ses parties.

Une poignée p', placée sur la roue à rochets R, sert à faire tourner cette dernière en sens contraire de son mouvement primitif, et à ramener ainsi les arbres HH dans leur première position.

$q'q'$, petits entonnoirs servant de réservoirs à l'huile nécessaire au graissage des parties frottantes.

Le grand bac en tôle V, accroché aux tringles cylindriques qui réunissent les deux paliers LL, reçoit les limailles provenant du tournage.

Les diamètres des roues d'engrenage sont calculés pour obtenir une vitesse de cinq tours par minute, lorsque le canon dont on veut tourner les tourillons est en fonte de fer; si le canon était en bronze, une vitesse de douze tours par minute serait plus convenable, et, pour l'obtenir, il suffit de changer les roues qui transmettent le mouvement de l'arbre B à l'arbre EE.

MACHINES A VAPEUR.

RAPPORT

FAIT A LA COMMISSION DES PROCÉDÉS NOUVEAUX, SUR L'APPAREIL DE M. JACQUEMET.

M. Jacquemet, manufacturier de Bordeaux, en étudiant avec soin les circonstances qui accompagnent la production et l'écoulement de la vapeur qui active la machine motrice de son établissement, croit avoir découvert une nouvelle cause d'explosion, qu'il regarde comme provoquée par les moyens mêmes que l'on emploie ordinairement pour prévenir ces funestes accidents : il a exposé les résultats de ces observations, et les moyens de sûreté qu'il propose, dans un mémoire étendu dont nous allons présenter l'analyse.

M. Jacquemet rappelle qu'un grand nombre d'explosions de machines à vapeur ont eu lieu lorsque les appareils de sûreté paraissaient être dans leur état normal, quelquefois même au moment où la machine, ralentissant sa marche, semblait indiquer une diminution dans la tension de la vapeur, et souvent enfin lorsqu'au départ, ou après un temps d'arrêt, on ouvre une soupape pour donner le mouvement à la machine ou laisser échapper la vapeur.

On explique généralement ces cas d'explosion en admettant que les parois de la chaudière, soit par le dépôt d'une forte couche de sédiment, soit par défaut d'alimentation d'eau, ont acquis une température très-élevée, et qu'ensuite la rupture de la couche non conductrice, ou le rétablissement de l'ali-

mentation, ou bien la projection du liquide produite par une diminution de tension dans la vapeur, met subitement en contact une grande surface métallique fortement échauffée avec une notable quantité d'eau, et occasionne ainsi la production, dans un temps très-court, d'une grande quantité de vapeur, capable d'élever la tension au point de rompre la chaudière. L'auteur du mémoire examine cette explication et, appliquant le calcul à la chaudière de la machine qu'il possède et qui est pourvue des appareils de sûreté voulus par les règlements, il établit que les ouvertures prescrites pour l'échappement de la vapeur suffisent pour donner écoulement, sans augmentation considérable de tension, non-seulement à toute la vapeur que peut produire le feu le plus intense, mais encore à celle qui peut se former aux dépens de la quantité de calorique contenue dans le métal qui forme la chaudière, supposée chauffée à 500 c.

Il fait en outre remarquer que la marche du manomètre, généralement lente et progressive, n'éprouve jamais les soubresauts qui devraient parfois se produire, lorsque, malgré une active surveillance, la chaudière se trouve dans les circonstances qui peuvent donner lieu à une vaporisation instantanée, mais non assez considérable pour causer une explosion.

Il rapporte le fait, plusieurs fois vérifié par lui, que si l'on ouvre à la vapeur une issue petite relativement à la surface de chauffe, il ne s'échappe que de la vapeur, tandis qu'une ouverture plus grande fournit un mélange de vapeur et d'eau, et qu'enfin, par une ouverture très-grande, il ne s'échappe que de l'eau. M. Jacquemet explique ce phénomène de la manière suivante : l'eau contenue dans une chaudière, est pressée par la vapeur qui surnage et forme une atmosphère artificielle ; si l'on ouvre à cette vapeur une issue trop petite pour que sa tension puisse diminuer rapidement, les bulles de vapeur qui se forment au contact des parois échauffées de la chaudière, pourront continuer à se dégager du liquide, sans y produire une grande perturbation ; tandis

que, si tout à coup une grande perte de vapeur fait baisser brusquement la tension dans la chaudière, les bulles de vapeur formées sous la forte tension qui y régnait, se précipiteront avec vivacité du fond des bouilleurs, entraînant avec elles le liquide qu'elles doivent traverser et au milieu duquel elles se forment.

L'auteur du mémoire annonce qu'il a été conduit à cette explication, en observant que la première eau recueillie, en donnant issue à la vapeur, était fortement chargée de limon, qui semblait provenir du fond des bouilleurs ; que, dans cette circonstance, le flotteur s'abaisse considérablement et reste dans cette situation pendant toute la durée de l'écoulement, ce qui prouve que la densité du liquide qui supportait le flotteur est considérablement diminuée, par suite du mélange des bulles de vapeur qui se forment au milieu de l'eau possédant une température supérieure à celle qui correspond à la tension réduite de la vapeur restant dans la chaudière; cette densité du liquide paraît, au reste, augmenter progressivement de haut en bas, car le flotteur n'atteignait jamais le point le plus bas de sa course.

M. Jacquemet rapporte aussi une expérience intéressante. Il a fait chauffer de l'eau pure dans un vase en cuivre, placé sur le fourneau d'une forge dont le soufflet lui permettait de régler à volonté l'intensité du feu, et il est parvenu, en accélérant la combustion, à produire une ébullition vive et tumultueuse, mais sans jamais pouvoir élever le niveau au delà d'une certaine limite; tandis qu'ayant jeté dans cette eau une petite quantité de la substance déposée dans les bouilleurs, il obtint un boursoufflement analogue à celui du lait sur un feu actif, et il pouvait, en augmentant l'intensité du feu, doubler, tripler, quadrupler à volonté le volume primitif du liquide, et même le faire déborder.

M. Jacquemet rappelle ce fait d'expérience, que si l'on approche à 5 ou 6 millimètres environ de la surface d'une eau tranquille, l'extrémité d'un tube de petit diamètre, et que

l'on aspire l'air qu'il contient, l'eau s'y précipitera malgré la distance qui semblait donner à l'air extérieur un espace suffisant pour pénétrer dans le tube, sans agir sur le liquide; il fait observer, avec raison, que si la force des poumons, qui ne peut faire équilibre qu'à 5 ou 6 centimètres de mercure, peut déjà élever le niveau de l'eau de quelques millimètres, un courant de vapeur beaucoup plus énergique pourra, en traversant le liquide, l'élever à une grande hauteur et former dans la chaudière une sorte de trombe d'eau aboutissant à l'orifice de sortie.

L'examen comparatif de ces divers phénomènes a servi de base à une nouvelle théorie des explosions observées dans les circonstances énoncées ci-dessus. M. Jacquemet expose cette théorie de la manière suivante.

Lorsque l'on ouvre à la vapeur une large issue, l'eau se soulève tumultueusement, en produisant contre les parois de la chaudière un choc analogue à un coup de bélier hydraulique, qui, dans certains cas, peut agir avec une force désastreuse; elle se précipite vers la soupape, l'obstrue et s'oppose à l'échappement de la vapeur, qui continue à se produire d'autant plus rapidement, que la chaleur fournie par le foyer étant répartie sur une moindre quantité d'eau, peut en élever plus promptement la température; la vapeur acquiert bientôt ainsi une tension capable de faire éclater la chaudière.

Après avoir fait le calcul des quantités de calories emportées par un courant de vapeur et un courant d'eau chaude, sous une tension de 5 atmosphères, et par un orifice de 13 centimètres carrés, pendant une seconde, M. Jacquemet trouve 798 calories dans le premier cas, et 3634 dans le second. Il semble au premier aperçu que, puisqu'un courant d'eau emporte bien plus de chaleur qu'un courant de vapeur, il devrait être plus efficace que ce dernier pour éviter une explosion rendue imminente par un excès de température; mais il faut remarquer que la vapeur acquérant, en vertu de sa moindre pesanteur spécifique, une vitesse d'écoulement

beaucoup plus grande que celle que peut acquérir l'eau sous la même pression, le volume de vapeur échappé par un orifice donné sera bien plus considérable que le volume de l'eau écoulée pendant le même temps, de sorte que l'eau de la chaudière devant reproduire, pour remplacer le fluide échappé, un volume de vapeur beaucoup plus grand dans le premier cas que dans le second, éprouvera un abaissement de température plus notable lorsqu'il s'échappe de la vapeur que lorsqu'il s'écoule de l'eau, diminution de température qui tend à absorber l'excès de calorique fourni par le foyer. Pour la chaudière qui sert de base aux calculs de M. Jacquemet, les volumes de fluide échappé ou de vapeur à reproduire et, par suite, les quantités de calories absorbées, seraient dans le rapport de 421 quand il s'échappe de la vapeur, et de 21 seulement pour l'eau.

Après avoir développé la théorie qui vient d'être exposée, M. Jacquemet énumère les causes qui peuvent favoriser ces déplorables accidents, qu'il attribue :

1° A un excès de calorique émis par le foyer relativement à la surface de chauffe;

2° A la disposition généralement adoptée de mettre la chaudière et les bouilleurs en communication par deux tubulures au même niveau;

3° Au dégagement, par une issue libre, d'une quantité de vapeur excédant considérablement celle que peut produire le feu le plus intense;

4° A l'abaissement momentané de niveau et au retour subit du liquide sur les parois échauffées.

Puis, cherchant les moyens les plus convenables d'éviter ces chances d'accidents, il indique plusieurs précautions contre les trois premières causes, et propose, pour prévenir la quatrième, qui est généralement regardée comme la plus importante, un appareil propre à assurer un niveau d'eau constant dans la chaudière, sans aucun intermédiaire de robinets, soupapes ou autres pièces mécaniques.

M. Jacquemet regarde une grande étendue de surface de chauffe, relativement à la quantité de vapeur à produire, comme un moyen de diminuer les chances d'explosions, parce qu'elle permet d'obtenir toute la vapeur nécessaire avec un feu modéré, et une grande quantité d'eau forme une sorte de réservoir de chaleur qui permet d'obtenir une tension constante.

La considération d'économie du combustible s'ajoutant ici à celle de la sûreté pour conseiller une grande surface de chauffe, M. Jacquemet est d'avis qu'il serait convenable que l'administration exigeât un rapport entre la surface de chauffe, les dimensions de la grille du foyer et le volume de vapeur nécessaire à la marche régulière de la machine.

Par suite de la disposition généralement adoptée, de faire communiquer les bouilleurs avec la chaudière au moyen de deux tubulures placées entre le dessus des bouilleurs et le dessous de la chaudière, il peut arriver que le courant ascensionnel d'un mélange d'eau et de vapeur acquière assez d'énergie pour s'opposer à la rentrée de l'eau dans le bouilleur, lequel pourra ainsi s'échauffer très-fortement et occasionner, lorsque l'eau pourra y pénétrer, une production de vapeur considérable, et déterminer cette projection d'eau signalée, dans la nouvelle théorie, comme une cause imminente d'explosion.

Pour prévenir cet accident et assurer l'alimentation des bouilleurs, M. Jacquemet propose d'augmenter, autant que possible, le diamètre des tubulures, et d'ajouter un tube qui, partant du fond de la chaudière, se recourbe pour aboutir à la partie inférieure du bouilleur; c'est par ce tube, soustrait autant que possible à l'action du feu, que coulerait l'eau de la chaudière destinée à remplacer dans le bouilleur l'eau vaporisée, et elle n'éprouverait aucun obstacle de la part de la vapeur, qui s'élèverait naturellement par les deux tubulures.

Pour faciliter la sortie des matières terreuses déposées

dans la chaudière et dans les bouilleurs, M. Jacquemet propose d'adapter, à la partie inférieure de ce tube, une branche de tuyau garnie d'un robinet, que l'on ouvrirait de temps en temps pour laisser écouler l'eau de la chaudière, qui entraînerait avec elle les matières qu'elle tiendrait en supension.

Pour prévenir la projection de l'eau avec le courant de vapeur, M. Jacquemet propose : d'abord, de supprimer des roudelles fusibles, ou au moins de réduire leur ouverture, au point qu'elle ne laisse échapper qu'un filet de vapeur capable d'agir sur un sifflet d'alarme; puis de fixer le poids qui charge les soupapes de sûreté, de telle sorte qu'il ne puisse se détacher, soit par accident, soit par l'effet d'un premier soulèvement, et de disposer les orifices de sortie de manière à forcer la vapeur à prendre une direction contraire au mouvement ascensionnel de l'eau, ou mieux, de fixer une plaque horizontale, d'un certain diamètre, à la distance convenable de l'orifice, pour laisser une section suffisante à à l'écoulement ordinaire de la vapeur; par cette disposition, qui offre quelque analogie avec celle qu'on emploie dans les machines soufflantes appelées *trompes*, le courant d'eau, s'il s'établissait, ne pourrait se concentrer dans la direction verticale de l'axe de l'orifice d'écoulement et serait obligé de se répartir sur toute la surface horizontale; rendu ainsi moins rapide, il permettrait à la vapeur de se dégager de l'eau.

M. Jacquemet pense que l'on doit préférer au flotteur ordinaire l'indicateur de niveau d'eau en verre, sans cependant regarder cet instrument comme exempt d'inconvénients.

Afin de diminuer l'effet du choc de la vapeur affluant sur une soupape légèrement soulevée pour lui donner écoulement, choc qui contribue à maintenir la soupape ouverte lors même que la tension de la vapeur serait descendue au degré normal, M. Jacquemet propose de la faire très-conique, et d'établir un système de charge croissant à mesure que la soupape se soulève.

Enfin, pour atténuer les conséquences fâcheuses qu'entraînerait, d'après cette théorie, une fuite notable de vapeur par un accident éprouvé par la conduite ou la machine, il propose d'établir, sur le tuyau à vapeur situé entre la chaudière et la machine, une soupape qui se fermerait sous l'action d'un courant rapide de vapeur, mais qui demeurerait ouverte dans la marche ordinaire.

M. Jacquemet a établi une soupape de ce genre qui a parfaitement atteint le but qu'il s'était proposé.

Regardant avec raison un abaissement dans le niveau de l'eau comme un des accidents les plus graves que puisse éprouver un générateur, l'auteur du mémoire propose un appareil destiné à mettre la chaudière en communication avec un réservoir d'alimentation, qui, en vertu d'une loi d'équilibre et sans aucun intermédiaire de robinets, soupapes ou autres pièces mécaniques, y maintiendrait un niveau constant, et qui n'exigerait d'autre soin, de la part du chauffeur, que celui de remplir de temps à autre le réservoir avant qu'il fût entièrement vide.

Cet appareil consiste en un réservoir clos, placé à une hauteur supérieure à celle de la chaudière, et mis en communication avec elle au moyen d'un tuyau qui, partant de la partie inférieure du réservoir, aboutit à la chaudière au point le plus bas que doit atteindre l'eau à vaporiser. Le réservoir sera muni : 1° d'un robinet à air, à sa partie supérieure; 2° d'un tube en verre, destiné à faire connaître le niveau de l'eau qu'il contient; 3° d'un tuyau qui, traversant la paroi supérieure, pénétrera jusque près du fond et servira à fournir l'eau, au moyen d'une pompe alimentaire.

Pour mettre l'appareil en train, on introduira dans la chaudière une quantité d'eau suffisante, d'abord pour élever le niveau au point convenable, puis l'on continuera à ajouter le volume d'eau nécessaire pour remplir le réservoir : cela fait, on ouvre le robinet à air du réservoir, et l'on chauffe sous la chaudière.

Bientôt, comprimée par la vapeur formée, l'eau de la chaudière s'échappe par le tuyau dans le réservoir, jusqu'à ce que son niveau soit descendu à la hauteur de l'orifice du tuyau de communication entre la chaudière et le réservoir, qui est alors rempli d'eau; on ferme alors le robinet à air, et le niveau de l'eau dans la chaudière restera invariablement fixé au même point; car, aussitôt que la production d'une quantité de vapeur l'aura fait baisser au point de découvrir une partie de l'orifice du tuyau de communication, la vapeur pourra s'y introduire, gagnera la surface du liquide contenu dans le réservoir, la comprimera et en fera rentrer une partie dans la chaudière; le niveau de l'eau qu'elle contient s'élèvera et interceptera de nouveau l'introduction de la vapeur dans le réservoir; le transvasement de l'eau du réservoir dans la chaudière se trouvera, de cette manière, bientôt arrêté, parce qu'à mesure que le niveau de l'eau du réservoir s'abaisse, la vapeur qui surnage ne recevant plus d'alimentation, se dilate jusqu'à ce que sa tension, ajoutée à celle que représente la différence de niveau entre l'eau du réservoir et celle de la chaudière, fasse équilibre à la tension de la vapeur contenue dans la chaudière. Cet équilibre étant indépendant de la différence de niveau, continuera à se maintenir aussi longtemps que le réservoir sera approvisionné, et la chaudière, recevant du réservoir une quantité d'eau égale à celle que lui enlève l'évaporation, en contiendra toujours la même quantité.

D'après ce qui précède, on voit que la vapeur de la chaudière qui pénètre dans le réservoir, traverse l'eau qu'il contient et l'échauffe à un degré de température peu différent de celui que possède l'eau de la chaudière; il faut donc échauffer l'eau du réservoir avant qu'il puisse fonctionner, soit en l'introduisant d'abord et la chauffant dans la chaudière, comme il a été dit ci-dessus, soit aux dépens des premières quantités de vapeur qui pénétreraient dans le réservoir rempli d'eau froide. Dans l'un comme dans l'autre cas, le temps de remplir le réservoir amènerait, dans le travail de

la chaudière, une interruption qui devrait être combinée avec les heures de repos de l'atelier. Dans certaines circonstances, l'obligation de chauffer d'abord l'eau du réservoir pouvant devenir un obstacle à l'application de son appareil, M. Jacquemet propose de faire aboutir, non plus à la ligne de niveau d'eau, mais au fond de la chaudière, le tuyau de communication qui part du fond du réservoir, et d'ajouter un second tuyau qui s'adapterait à la chaudière au niveau de la ligne d'eau, s'élèverait ensuite verticalement jusqu'à la hauteur du sommet du réservoir, avec lequel il communiquerait en décrivant une demi-circonférence.

La vapeur pourra s'élever par ce dernier tuyau, sans traverser l'eau du réservoir, qui pourra rester froide.

Enfin, pour avoir la faculté de renouveler l'eau du réservoir pendant la marche de la machine, et lors même que la pompe alimentaire ne fonctionnerait plus, on pourrait appliquer un robinet à chacun des deux tuyaux qui établissent la communication entre le réservoir et la chaudière; en les fermant tous les deux à la fois, on intercepte toute communication entre le réservoir et la chaudière; puis, donnant issue à la vapeur contenue dans le réservoir, en ouvrant le robinet d'air, il est facile d'y introduire l'eau nécessaire pour le remplir; rouvrant ensuite les robinets des tuyaux de communication, l'appareil continue à fonctionner à l'ordinaire.

On peut même faire habituellement usage de ce moyen, en disposant un second réservoir ouvert, dans lequel la pompe jetterait son eau, que l'on introduirait dans le premier réservoir fermé à des intervalles déterminés. Par ce système, on saura que la pompe fonctionne bien, par le bruit que fera l'eau en tombant dans le réservoir ouvert.

Outre l'avantage d'assurer un niveau constant, cet appareil procurerait un moyen d'abaisser la température de l'eau de la chaudière, lorsqu'une circonstance imprévue l'aurait élevée au delà du degré normal; il suffirait pour cela de laisser écouler une partie de l'eau de la chaudière, qui sera remplacée par

un égal volume d'eau moins chaude, contenue dans le réservoir.

L'examen des diverses précautions proposées par M. Jacquemet, a donné lieu aux considérations suivantes.

Il est sans doute fort desirable que toujours la surface de chauffe soit capable de fournir, avec un feu ordinaire, toute la quantité de vapeur nécessaire ; mais, si l'on fait attention que l'activité d'un foyer dépend de la quantité du combustible et du tirage, qui varie d'après plusieurs circonstances locales, on ne tarde pas à reconnaître que le rapport cherché n'est pas uniforme, et par conséquent ne peut guère être l'objet d'un article réglementaire. Il serait cependant fort utile de connaître quel est, dans les machines établies, le rapport entre la surface de chauffe et la quantité de vapeur produite par heure, avec un combustible déterminé, les dimensions de la grille des carneaux et de la cheminée étant également connues.

La comparaison de ces renseignements fournirait des données utiles aux constructeurs.

L'emploi d'une troisième communication établie, comme le propose M. Jacquemet, entre les bouilleurs et la chaudière, ne peut qu'être très-avantageux, pourvu que l'on ait soin d'ajouter le tube avec robinet de décharge, pour faire évacuer les dépôts qui s'accumuleraient dans le tuyau recourbé.

L'emploi de plaques vis-à-vis des orifices des tuyaux à vapeur, paraît devoir répondre au but desiré, et déjà des dispositions analogues sont en usage dans les locomotives.

L'utilité d'une soupape destinée à intercepter le courant de vapeur, lorsqu'elle entraîne de l'eau, et les précautions pour empêcher une perte notable de vapeur, sont subordonnées au degré de probabilité que présente la théorie de M. Jacquemet, que les expériences, comme nous allons le voir, n'ont point suffisamment justifiée.

La commission des procédés nouveaux, immédiatement après la remise du mémoire de M. Jacquemet, a recherché les moyens de soumettre l'appareil d'alimentation proposé à des expériences en grand : après plusieurs démarches, elle a obtenu

l'autorisation de disposer d'une petite chaudière appartenant à l'université de Liége, et, à l'aide d'un crédit accordé par M. le ministre des travaux publics, elle a pu y adapter un réservoir, conformément aux dessins joints au mémoire. La chaudière avait 1^m 50 de longueur et 0^m 60 de diamètre; le réservoir cylindrique avait 0^m 70 de diamètre et 0^m 90 de hauteur; il reposait sur un massif élevé de 0^m 80 au-dessus du sommet de la chaudière.

La commission, au moyen de plusieurs expériences, a constaté les faits suivants.

Le réservoir ayant été convenablement rempli d'eau et mis en communication avec la chaudière, on a chauffé, et, lorsque l'équilibre se fut établi entre les tensions de la vapeur et la hauteur relative de l'eau dans le réservoir et dans la chaudière, le niveau de l'eau, dans cette dernière, s'est maintenu d'une manière régulière, aussi longtemps que la provision d'eau contenue dans le réservoir n'a pas été épuisée.

Pour reconnaître l'influence que pouvait avoir sur la température de l'eau de la chaudière, le renouvellement de la provision d'eau du réservoir, on a, comme le prescrit le mémoire, fermé les robinets de communication avec la chaudière; puis, après avoir laissé échapper la vapeur par le robinet d'air, on a introduit dans le réservoir une certaine quantité d'eau froide; ayant ensuite fermé le robinet d'air et rétabli la communication, on a remarqué un grand abaissement dans la température de la chaudière; le niveau de l'eau qu'elle contenait s'est abaissé et est descendu, pendant peu de temps, il est vrai, au-dessous de l'orifice du tube communiquant avec le réservoir : l'abaissement de tension a été tel, qu'il eût interrompu le travail de la machine à laquelle cette chaudière aurait été appliquée.

A plusieurs reprises, on a laissé échapper la vapeur par un tuyau débouchant dans l'atmosphère, ou dans une bâche contenant de l'eau froide, et, quoique la relation entre la section de ce tuyau et la surface de chauffe se trouve dans

les limités indiquées par M. Jacquemet (de $^{5}/_{10}$ à $3\ ^{5}/_{10}$ centimètres carrés par mètre carré de surface de chauffe), l'on a constamment observé un abaissement rapide de tension, qui avait pour résultat de faire passer dans la chaudière tout ou partie de l'eau contenue dans le réservoir.

Pour compléter l'étude pratique de cet appareil, la commission a fait appliquer le réservoir à la chaudière qui active la machine motrice de l'atelier de l'école des arts et manufactures, annexée à l'université de Liége.

Cette chaudière contient 17 hectolitres d'eau, tandis que le réservoir n'en contient qu'un peu plus de trois.

Dans le travail ordinaire de la machine, la dépense en eau est d'un hectolitre par heure ; le réservoir suffit donc à une alimentation de 3 heures, et maintient, pendant ce temps, un niveau constant dans la chaudière ; mais lorsque l'on alimente le réservoir au moyen de la pompe, ce niveau éprouve de petites variations, qui ont été observées par deux membres de la commission et sont consignées dans le tableau suivant.

MOMENT de L'OBSERVATION.	NIVEAU D'EAU DANS le réservoir.	NIVEAU D'EAU DANS la chaudière.	TENSION DE LA VAPEUR dans la chaudière.	OBSERVATIONS.
10h 15m	26 à 25	3 à 4	1 7/8	
10 30	28 1/2 à 22 1/2	3 » 4	1 7/8	On augmente le feu.
10 45	27 » 21	3 » 4	2 »	
11 »	19 » 18	3 1/2 » 2	2 1/4	
11 15	15 »	3 1/2 » 2	2 1/2	
11 30	8 »	3 1/2 » 1 1/2	2 7/8	
11 45	3 1/2 » 2 1/2	3 1/2 » 1 1/2	3 1/8	On fait agir la pompe.
12 »	28 »	6 »	2 3/8	
12 3	29 »	6 1/2 »	2 1/2	
12 8	40 »	4 » 5 1/2		

Les chiffres de la seconde et de la troisième colonne désignent des longueurs exprimées en centimètres, et comptées à partir d'un repère situé au-dessous des niveaux indiqués.

Ces observations confirment les premiers résultats constatés par la commission, et prouvent que l'eau du réservoir maintient, dans la chaudière, un niveau à peu près constant, quoique son niveau varie dans des limites beaucoup plus étendues.

La commission regarde donc l'appareil proposé par M. Jacquemet comme un utile auxiliaire aux moyens ordinaires d'alimentation ; les variations de niveau, beaucoup plus étendues dans le réservoir que dans la chaudière, permettent d'apprécier plus facilement les besoins d'alimentation, et assureraient d'une manière plus parfaite l'action des flotteurs destinés à agir sur des sifflets d'alarme, lorsque la provision d'eau du réservoir est sur le point d'être épuisée.

Mais cet appareil n'a pas paru à la commission pouvoir être employé seul pour alimenter les chaudières à vapeur, parce que l'interruption de travail que produit l'action de remplir le réservoir avec de l'eau froide ou faiblement échauffée, serait, dans beaucoup de cas, un grave inconvénient, ou entraînerait l'obligation de donner aux réservoirs des dimensions considérables, lorsque la force de la machine serait de 20 à 50 chevaux, force fréquemment employée dans l'industrie.

L'accroissement de tension de la vapeur dans la chaudière produit par une grande émission de vapeur, phénomène sur lequel est basée la nouvelle théorie des explosions, ne s'étant pas manifesté dans les expériences qu'elle a faites, la commission ne pense pas que cette théorie puisse expliquer d'une manière générale les explosions des chaudières à vapeur.

Si, dans ses louables efforts pour détourner de l'industrie le fléau des explosions foudroyantes, M. Jacquemet n'a pas complétement atteint le but qu'il s'était proposé dans ses laborieuses recherches, il conservera le mérite d'avoir contribué à éclaircir une grande question d'intérêt général.

Bruxelles, le 2 janvier 1844.

DEVAUX, *Ingénieur en chef des mines.*

MAUS, *Ingénieur des ponts et chaussées.*

NAVIGATION FLUVIALE.

DES PASSES NAVIGABLES,

ET

DE LEUR APPLICATION A L'AMÉLIORATION DE LA MEUSE.

I.

DES VOIES DE COMMUNICATION PAR TERRE ET PAR EAU.

§ 1. — *Considérations générales.*

Les diverses voies de communication ont également pour objet de rapprocher les distances, d'en abréger le parcours autant que possible, et de le rendre toujours sûr, afin de faciliter les relations des villes entre elles, des pays entre eux, de les lier avec les centres d'industrie et de commerce, de permettre les transports de tout genre, de les accélérer et de les réduire au moindre prix ; chacune d'elles a cependant son mode d'utilité propre, et il ne faut pas lui demander ce qui ne peut être donné que par une autre.

Des améliorations successives, mais lentes, ont été apportées aux voies de communication ; c'est surtout dans ces derniers temps que les perfectionnements, qui se tiennent et s'enchaînent, ont reçu une vive impulsion, et l'emploi de la vapeur en a provoqué de plusieurs espèces auxquels on n'aurait peut-être pas encore pensé sans cela. Ce nouvel agent locomoteur a déterminé des distinctions là où précédemment il n'y en avait point.

En effet, des chemins vicinaux, des chaussées pavées ou d'empierrement, des rivières, des canaux, voilà ce qu'on avait et ce que nous avons encore.

Les chemins vicinaux étaient, en général, fort négligés, et impraticables dans les mauvais temps.

Les rivières naturellement navigables étaient assimilées aux canaux, et ces deux voies présentaient des avantages analogues : un transport facile et peu coûteux des produits du sol et des marchandises manufacturées, principalement des matières pondéreuses.

Les canaux toutefois étaient considérés comme ayant une supériorité incontestable.

Les chaussées, parcourues aussi par le gros roulage, à défaut de rivières et de canaux, étaient plus spécialement destinées aux transports accélérés, aux diligences, aux chaises de poste, aux voitures et aux voyageurs de toute espèce.

Il y avait donc eu jusqu'ici des routes appropriées à tous les besoins ; mais apparemment ces besoins n'étaient pas entièrement satisfaits, puisque nous voyons que, dans tous les pays, on s'empresse d'établir des chemins de fer et d'organiser des services de bateaux à vapeur.

La locomotion par la vapeur a tout changé.

Mais dans quel but les chemins de fer viennent-ils partout s'introduire?

Est-ce pour remplacer les chemins vicinaux?

Le doute est inadmissible et serait ridicule. Les chemins vicinaux n'ont qu'une condition à remplir, et leur nom l'indique, c'est de mettre en rapport des localités voisines.

Est-ce pour le transport des marchandises? Pour suppléer aux rivières et canaux?

Peut-être bien, dans certaines contrées; car les chemins de fer sont les rivières des pays qui n'en ont pas.

La cause réelle cependant, le vrai motif de la création des chemins de fer, c'est, par l'insuffisance des routes ordinaires pour atteindre le but véritable dans ce genre de service, le

transport rapide des voyageurs : c'est le besoin d'obtenir la vitesse du trajet, vitesse bien autrement importante pour les hommes que pour les marchandises.

Il existait depuis longtemps des chemins de fer dans les établissements industriels ; mais jamais on n'eût pensé à des chemins de fer exploités par des locomotives pour de petites distances.

Jamais on n'eût imaginé les bateaux à vapeur pour parcourir le bief d'un canal, en supposant même que le canal n'en éprouvât aucune détérioration (1).

Les chemins de fer, la navigation à vapeur, ne doivent être envisagés que par rapport aux points extrêmes de leur parcours ; à mesure que les deux extrémités s'éloignent, les points intermédiaires s'effacent et disparaissent (2).

Plus l'espace à parcourir par une locomotive est considérable, plus la course d'un bateau à vapeur est prolongée, plus il y a d'avantages et d'économie (3).

(1) On s'est flatté, en remplaçant les roues à ailettes par des vis d'Archimède, de réduire à peu de chose, d'anéantir même le clapotage qui détruit en peu de temps les meilleurs talus, et de pouvoir ainsi introduire impunément la navigation à vapeur sur les canaux.

Je crois qu'on s'est trompé.

Le clapotage ne provient pas de l'action des ailettes sur la surface de l'eau : il provient de la ligne d'*onde*.

On peut observer, dans la marche d'un bateau-rapide, l'onde soulevée sur l'avant, d'autant plus élevée que le canal est plus étroit ; par le travers du bateau, il y a, au contraire, une dépression sensible, et c'est le choc des eaux qui se précipitent de l'avant et de l'arrière pour remplir ce vide, qui produit le clapotage.

(2) Sur le Rhin, des villages populeux ont en vain demandé que les bateaux à vapeur s'arrêtassent quelques instants pour prendre leurs voyageurs ; les sociétés, dans l'intérêt de leur entreprise, s'y sont constamment refusées.

(3) Quant au temps, cela est d'une évidence frappante, et le gain à faire sous ce rapport, pour une petite distance, est bien peu de chose. Quant à l'argent, à quel prix faudrait-il mettre les places, pour que les dépenses relatives au personnel, au matériel, à la consommation de charbon, fussent seulement couvertes par les recettes journalières ? Sans doute les chemins de fer de Paris à Versailles, de Paris à St-Germain, de Londres à Blackwall, de Londres à Greenwich, existent et se soutiennent ; mais des populations comme celles de Paris et de Londres sont des exceptions, et nous ne savons pas d'ailleurs quels sont les bénéfices de ces entreprises.

Aussi est-ce sur mer que la navigation à vapeur procure les résultats les plus avantageux.

Les bateaux à vapeur sont les chemins de fer maritimes.

En ce qui concerne la navigation intérieure, la locomotion par des machines à vapeur à créé une notable différence entre les rivières et les canaux.

Ceux-ci doivent passer par le plus grand nombre possible de points industriels et commerçants, afin d'effectuer leurs transports, et il ne faut pas craindre d'y multiplier les écluses qui seraient jugées nécessaires pour assurer un fort mouillage aux bateaux du commerce : c'est là leur véritable destination.

Mais les rivières doivent être desservies par des bateaux à vapeur, et, dès lors, exemptes de toute entrave. Si elles réclament des améliorations, il faut bien se garder de les traiter comme un canal. La première des conditions qu'elles doivent offrir, c'est la possibilité de franchir, sans retard d'aucun genre, l'intervalle entre les lieux de départ et d'arrivée, et ce point est si essentiel pour les bateaux à vapeur, que la continuité non interrompue de la navigation est, pour eux, préférable même à un fort mouillage.

La vapeur a donc été à elle seule, du moment qu'elle a été employée comme moteur, soit par eau, soit par terre, un perfectionnement inappréciable, et, de plus, elle en a entraîné d'autres d'une très-grande importance.

Elle a provoqué la loi sur les chemins vicinaux, a commandé un meilleur entretien d'anciennes chaussées, en a fait ouvrir de nouvelles, et elle oblige à l'amélioration des rivières.

Depuis des siècles les chemins vicinaux restaient dans le plus déplorable état, et les plaintes des cultivateurs, entendues dans les campagnes, arrivaient à peine jusqu'aux villes, encore moins jusqu'aux gouvernements.

Mais les chemins vicinaux conduisent aux grandes routes, celles-ci aux chemins de fer, et il a bien fallu songer à four-

nir aux campagnards le moyen de parvenir au rail-way de l'État (1).

Les routes ont attiré les regards comme affluentes au chemin de fer ; de là l'amélioration de quelques-unes et la création de plusieurs autres.

Les rivières doivent, à quelques égards, être considérées comme affluentes du chemin de fer, et, à d'autres égards, elles n'exigent pas de moindres perfectionnements que les routes (2).

§ 2. — *Des rivières. — Nécessité de leur amélioration et de leur entretien.*

On rapporte qu'un membre du parlement d'Angleterre s'opposant à un projet de canal que le célèbre Brindley soutenait avec chaleur, demanda à cet habile ingénieur pourquoi il pensait que la Providence eût fait les rivières : « La Providence, répondit Brindley, les a faites pour alimenter les canaux. »

(1) Sans doute, dans un gouvernement constitutionnel, les intérêts se font jour plus aisément, et les plaintes fondées finissent par être entendues et accueillies. C'est ainsi qu'en France, les chemins vicinaux sont devenus, depuis quelques années, l'objet d'une attention toute particulière. En Belgique, le moment serait bientôt venu où les mêmes mesures auraient dû être prises ; mais il a été hâté par l'ouverture du chemin de fer.

(2) Les villes le plus heureusement situées sur une rivière navigable, ne touchent cette rivière que par un petit nombre de points ; souvent il n'y a qu'un port pour chaque espèce de marchandise, et personne ne se plaint de la distance à parcourir pour s'y rendre : les bateaux à vapeur ayant trouvé des habitudes toutes faites, il leur a suffi d'un embarcadère dans chaque localité pour que tout le monde fût content. Il n'en a pas été ainsi du chemin de fer ; il aurait fallu que chacun pût le prendre à sa porte. Confondant cette nouvelle voie et une grand'route, qui, au moyen de rues pavées, communique avec toutes les parties d'une ville, on oubliait que la condition principale d'un chemin de fer, la célérité, ne peut être remplie que par la suppression des détours et des temps d'arrêt. Qu'est-ce d'ailleurs que quelques minutes de plus ou de moins pour arriver à une station, si l'on doit par là diminuer les lenteurs du départ et abréger le trajet étendu qu'on se propose ? On reconnaîtra

Il semble que cette boutade ait été prise à la lettre.

Longtemps les rivières ont été abandonnées à elles-mêmes; les ingénieurs qui s'en occupaient ne les envisageaient guère que comme des moyens d'alimentation pour les canaux qu'ils voulaient ouvrir, et ils les ont laissées, à très-peu près, dans leur état naturel. On s'est borné à des ouvrages défensifs pour protéger les propriétés riveraines, en se préoccupant très-peu d'améliorer le lit pour faciliter et étendre la navigation. Si les besoins devenaient trop impatients, les réclamations trop pressantes, on ne voyait rien de mieux à faire que d'établir un canal latéral, en livrant à un abandon plus complet la rivière dont l'office devait se réduire alors à subvenir à la dépense des éclusées du canal établi.

En outre des canaux, les chemins de fer, par les avantages qu'ils présentent, sont venus également faire concurrence aux voies navigables naturelles, et peu s'en est fallu qu'on ne construisît des rails-ways dans toutes les vallées, même dans celles qui jouissent d'une navigation active et permanente.

Cependant les rivières ont rencontré de justes appréciateurs, des défenseurs illustres, et, sans parler de Pascal, qui évaluait très-haut *des chemins qui marchent*, sans remonter

peut-être que les avantages propres au chemin de fer, pour les villes mêmes qui en font le plus d'usage, ne sont pleinement obtenus que lorsqu'il les touche sans y pénétrer.

Du reste, les conséquences de ces nouvelles voies de communication ne peuvent pas encore être appréciées à leur juste valeur : elles sont trop récentes, et l'expérience n'a pas prononcé.

On sait cependant que les ingénieurs chargés des premières études du chemin de fer belge, pensaient que la circulation des voyageurs entre Anvers et Bruxelles, qui était annuellement d'environ 80,000, triplerait avant la dixième année ; dès la seconde, ce chiffre s'est plus que décuplé : il s'élevait à près d'un million et s'est toujours soutenu depuis.

Sur le Rhin, entre Cologne et Mayence, on comptait annuellement de 40 à 45,000 voyageurs ; par les bateaux à vapeur, le nombre s'en élève actuellement à plus de 600,000, et, ce qui est assez remarquable, c'est que les anciennes barques et les diligences ont à peu près conservé les 40 ou 45,000 voyageurs qu'elles avaient auparavant.

à Vauban, ingénieur qui n'a point encore eu d'égal, sans citer Perronet, dont l'opinion fait autorité en tout ce qui concerne les constructions et les travaux publics, des voix nombreuses, imposantes, se sont élevées dans ces derniers temps en faveur des rivières : MM Bertrand, Trézaguet, de Chézy, Fabre, Bruyère, inspecteurs généraux des ponts et chaussées, MM. Magin, Brière de Mondétour, Poirée, Defontaine, de Limay, Laval, Cormier, Frimot, et beaucoup d'autres ingénieurs, ont prouvé, soit par leurs travaux, soit par leurs écrits, tout le parti que l'on en peut tirer, toute l'utilité que doit avoir le perfectionnement de leur navigation (1).

Ceux qui se sont appliqués à cette étude difficile, « l'une des plus difficiles et jusqu'ici des moins approfondies de l'art de l'ingénieur (2), » ont reconnu, la plupart du moins, que les perfectionnements doivent s'obtenir par des travaux en lit de rivière, et qu'il convient de rejeter les dérivations et les coupures, toutes les fois qu'elles ne sont pas commandées par des circonstances impérieuses et insurmontables. « Si l'on veut, dit M. Deschamps, réunir entre elles deux rivières coulant dans des bassins opposés, il est incontestable que ce que l'on appelle un canal à point de partage, alimenté par des eaux supérieures assez abondantes, est le seul moyen de se procurer la communication cherchée. Il se peut que, par suite des circonstances de localité, on soit conduit à prolonger dans les vallées, de part et d'autre, cette navigation artificielle; mais il existe sur ces rivières un point à partir

(1) *Mémoire sur le régime des rivières à fond mobile et sur la défense de leurs rives;* par MM. Legrom et Chaperon, ingénieurs des ponts et chaussées. — *Annales des ponts et chaussées,* t. XXII. Paris, 1838.

(2) *Notice sur M. Bruyère,* par M. Navier. — *Annales des ponts et chaussées,* t. VIII. Paris, 1833.

« Il n'y a peut-être aucune partie de l'hydraulique sur laquelle on ait autant écrit que sur les rivières, et sans contredit il n'y en a aucune au sujet de laquelle nous ayons acquis moins de connaissances.... Il y a même des auteurs, tels que Bélidor, qui ont prétendu que les rivières qui charrient du gravier, doivent être regardées comme *presque indomptables.* » — *Essai sur la théorie des torrents et des rivières;* par Fabre, ingénieur en chef des ponts et chaussées. Paris, 1797.

duquel il y a plus d'avantage à employer leur cours naturel, en y appliquant des travaux convenables, qu'à recourir à l'ouverture d'un canal d'art. Dans l'emploi de ce dernier parti, auquel on peut appliquer le terme nouveau de canalisation, on doit, autant que possible, éviter les dérivations partielles, et même les supprimer entièrement, à moins de cas tout particuliers de localité ou de destination (1). »

Une rivière, en effet, n'est pas un canal; elle en diffère en beaucoup de points, en des points essentiels, et il n'est pas possible de les traiter l'une et l'autre de la même manière.

Le débit d'un canal est constant et reste le même en toute saison.

Le produit d'une rivière est variable : faible en été, il est souvent considérable dans les crues, et telle rivière qui ne débite que 15 à 20^{m3} à l'étiage, en mène *dix mille* en hautes eaux (2).

Un canal est calculé dans toutes ses parties sur la prise d'eau disponible, jugée suffisante à son alimentation. Peu importent les crues ou les sécheresses : il n'a toujours que le volume d'eau sur lequel est réglée sa dépense, et il l'a toujours.

Il faut, dans une rivière, ménager les basses eaux de l'été de manière à augmenter le mouillage, à le porter au point que réclament les besoins du commerce, et cela par des travaux qui, n'altérant en rien le régime des hautes eaux, résistent aux effets destructeurs des grandes crues et des débâcles.

Un canal offre à la navigation les mêmes facilités dans les deux sens.

(1) *Recherches et considérations*, etc; par Cl. Deschamps, inspecteur général des ponts et chaussées. Paris, 1834.

(2) L'Allier n'a, au Guétin, que 16^{m3} en étiage : il en a 6,000 en grandes eaux; les 32^{m3} que la Loire débite en été à Briare, s'élèvent en grandes eaux à 10,000^{m3}; la Garonne, au-dessous de Toulouse, passe de 87^{m3} à 12,000; etc., etc.

Les crues du Tarn, qui portent son volume de 15^{m3} à 4,000, sont au nombre des plus violentes. On avait élevé, à Montauban, un mur de quai à 10^{m} au-dessus de l'étiage, pour le rendre insubmersible; peu après, une crue de 17^{m} a fait voir de combien l'on s'était trompé.

On doit s'efforcer de conserver à une rivière tous les avantages de la descente, en diminuant, autant que possible, les difficultés de la remonte.

La canalisation d'une rivière n'est donc pas sa transformation en un canal : une semblable transformation est impraticable, ou, quand elle peut se faire, c'est par exception.

Une rivière a des avantages à elle, qu'elle ne partage avec aucune autre voie de communication, et qu'il faut se bien garder de compromettre.

Elle est donnée, elle existe, et ne coûte rien pour achats de terrains propres à recevoir ses eaux.

Elle rencontre dans son cours une foule de villes, de villages, d'usines, d'exploitations de tout genre, des industries de toute espèce et des populations nombreuses, que les facilités qu'elle procure ont successivement attirées sur ses rives.

Les frais de premier établissement, pour l'amélioration d'une rivière navigable, bien au-dessous de ceux qu'exige l'ouverture d'un canal, sont de beaucoup moindres que pour un chemin de fer, et, ce qui est encore plus important, les frais d'entretien ne sont rien au prix de ceux que réclament les canaux, et surtout les rails-ways. Aucune amélioration de rivière ne revient, comme un canal, à 100 ou 120 fr. par mètre courant, encore moins à 8 ou 900 fr., comme un chemin de fer (1).

L'inconvénient très-grave du chômage en été pour le dévasement des canaux, n'existe pas sur les rivières, et le chômage forcé en temps de glaces, long et prolongé sur les canaux, n'y a qu'une courte durée.

Enfin le fret, qui résume les avantages d'une voie de communication, est incomparablement plus bas sur les rivières

(1) La plupart des chemins de fer anglais ont coûté de 4 à 500,000 fr. par kilomètre ; pour quelques-uns, la dépense a été de 7, 8 et 900,000., et elle s'est même élevée pour d'autres jusqu'à 4 millions et demi, ou plus de 25,000,000 fr. par lieue. — *Rapport présenté aux chambres législatives, le 2 juin 1842, par le ministre des travaux publics.* Bruxelles, 1842.

perfectionnées que sur un canal, et, à plus forte raison, que sur un chemin de fer. Quand, sur ce dernier, il est de 10 à 12 centimes par tonneau et par kilomètre, qu'il est de 8 à 10 centimes sur un canal, il n'est guère que du quart et même du sixième de ce prix sur une rivière.

Mais, pour que les voies naturellement navigables produisent tous les bons effets dont elles sont susceptibles, il importe qu'elles soient améliorées et entretenues dans les parties défectueuses de leur cours.

Il est, par exemple, hors de doute, par le témoignage des anciens bateliers, comme par les documents écrits qui nous restent (1), que la navigation de la Meuse était autrefois beaucoup plus facile qu'aujourd'hui : des bateaux tirant $1^{m}20$ naviguaient sans interruption entre Liége et Venloo. Ce même fleuve, dans la partie supérieure de son cours, en 1659, « portait naturellement bateaux jusqu'à St-Mihiel, et, quand les eaux étaient bonnes, ils le remontaient jusqu'à Commercy, qui est à trois lieues de Pagny (2). » La Geete était navigable au dixième siècle (3), la Senne au milieu du seizième (4), et la Vesdre l'était encore dans le siècle dernier (5).

(1) *Mémoire du 26 frimaire an* IX, *sur l'état de la navigation dans le département de l'Ourthe*; par M. LEJEUNE, ingénieur en chef de la direction de Sambre et Meuse.

(2) *Mémoires* du MARÉCHAL DE VAUBAN.

(3) *Historiam lossensem*, auctore JOANNE MANTELIO, lib. II, p. 31. Leodii, 1717.

(4) *Octroi de l'empereur Charles-Quint, du 7 juin* 1531. — Des pièces du XIVe siècle établissent l'activité de la navigation de la Senne à cette époque, et l'importance des transports effectués sur cette rivière.

(5) Des personnes de Liége se rappellent encore avoir vu, dans leur jeunesse, un célèbre nageur du temps, qui, un jour que le prince-évêque revenait en barque des bains de Chaudfontaine, le précédait en nageant, et qui continua ainsi jusqu'au rivage des Croisiers. Aujourd'hui il serait bien impossible, en basses eaux, de nager dans la Vesdre de Chaudfontaine à Chênée, et même dans l'Ourthe, de Chênée à la Meuse.

L'Amblève, à peine navigable en bonnes eaux jusqu'à Remouchamps, semble l'avoir été dans une bien plus grande étendue de son cours. « C'est en avant de ce lieu (Léliotte) que la petite rivière d'Amblève, navigable autrefois jusqu'à Stavelot, où elle passe, se jette dans l'Ourthe, par la rive droite de cette rivière. » *Procès-verbal de visite des rivières flottables et navigables, du 1er messidor an VI*; par *R. Carront*, ingénieur ordinaire du département de l'Ourthe.

« Tous les renseignements historiques établissent que les rivières étaient plus facilement navigables il y a cinq ou six cents ans. Elles étaient plus profondes, plus limpides, plus paisibles. Elles auraient perdu ces qualités au fur et à mesure que les déboisements se sont accrus. Elles pourraient donc être aujourd'hui dans un état d'obstruction naissant, ou trop récent pour présenter des faits prononcés (1). »

II.

MODES DE PERFECTIONNEMENT USITÉS.

La nécessité d'entretenir les rivières navigables en bon état, de les améliorer le plus possible, est donc devenue assez frappante pour que les recherches des ingénieurs les plus distingués se soient portées sur les moyens de perfectionner leur cours. Toutefois, si le but est le même pour tous, les moyens indiqués par chacun d'eux pour l'atteindre sont, en général, bien différents. Tous ont proposé l'emploi des barrages; mais les uns en ont pratiqué de transversaux, avec portières ou pertuis; les autres se sont attachés exclusivement aux barrages éclusés; ceux-ci ont donné la préférence aux travées à poutrelles; ceux-là n'ont voulu que des massifs formant déversoir; d'autres ont établi des fermettes mobiles, en sorte que la diversité dans la disposition, la forme et la construction des barrages, a été variée à l'infini. Chacun

(1) *Cours de construction des ouvrages qui établissent la navigation des rivières et canaux*, etc; par M. MINARD, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées. Paris, 1841. »

« La destruction de nos forêts, et les défrichements fort mal à propos opérés sur nos montagnes, en permettant aux eaux pluviales de s'écouler dans un temps beaucoup plus court qu'autrefois, ont augmenté à proportion le volume d'eau des rivières pendant les crues. Depuis ce temps, les fertiles domaines situés sur leurs bords ont été corrodés et emportés en grande partie. » *Essai sur la théorie des torrents et des rivières;* par FABRE. — Cet ingénieur propose de sages mesures pour empêcher le déboisement des montagnes et pour y régulariser les défrichements. *Ibid.*

d'eux a ses mérites propres, et, selon les localités, la pente, le volume et le régime des eaux, il faut recourir à celui de ces systèmes qui remédie le mieux aux inconvénients, à celui qui fait disparaître le plus de difficultés.

Il est évident, par exemple, que, sur de faibles cours d'eau qui n'ont de véritable navigation qu'en descente, des barrages avec pertuis satisfont à tous les besoins, quoique, en général, « les résultats qu'on obtient des digues transversales soient fort incertains; les gonflements, les remous, les tournoiements, les changements de direction des courants qu'elles occasionnent, sont compliqués et inattendus (1). »

Si la rivière est encaissée, que le fond en soit ferme et le régime bien établi, que les crues y soient lentes, graduelles, des barrages éclusés relèveront la ligne d'eau et assureront une remonte aussi facile que la descente.

En pays de plaine, avec une faible pente, un fond de sable, des barrages mobiles procureront les meilleurs effets (2).

Ainsi du reste.

C'est à l'ingénieur qu'il appartient de choisir; c'est à lui de proportionner ses moyens aux difficultés qu'une étude approfondie lui a fait reconnaître, et d'adapter à une rivière donnée, ou plutôt aux diverses parties de cette rivière, les procédés que les circonstances particulières indiquent comme préférables. Seulement il faut faire un bon choix et ne pas se tromper; on empirerait le mal, au lieu de le guérir. Rien de plus avantageux sans doute, quand ils sont employés à propos, que les barrages éclusés : c'est de tous les moyens le plus efficace pour obtenir un mouillage élevé et constant, pour diminuer la rapidité des eaux et faciliter la navigation dans les deux sens; néanmoins, dans une rivière à fond mo-

(1) *Cours de construction des ouvrages, etc.;* par M. MINARD.

(2) *Notice sur le pertuis de Belombre*; par M. BOUCHER DE LA RUPELLE, ingénieur en chef des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées, t.* XVII. Paris, 1836. — *Mémoire sur le barrage d'Epineau;* par M. CHANOINE, ingénieur des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées, t.* XXVI. Paris, 1839.

bile, qui charrie des galets, des pierres, des quartiers de roches, composée de racles profonds réunis, ou, pour mieux dire, séparés par des barres de gravier constantes de position, il faudrait déterminer l'emplacement des barrages de manière à détruire les obstacles naturels ; mais, outre qu'il serait possible que les hauts-fonds se reformassent aux mêmes endroits et devinssent une source de dépenses considérables d'entretien, il le serait aussi que ces mêmes barrages, par le ralentissement de vitesse qu'ils opéreraient en amont, déterminassent, sur des points aujourd'hui excellents, des attérissements aussi nuisibles à la navigation que ceux qu'il s'agit d'enlever, qu'il en résultât une diminution graduelle dans le mouillage là où il est aujourd'hui plus que suffisant, et qu'ainsi on eût exécuté, sans aucun profit pour la navigation, des ouvrages très-dispendieux (1).

(1) « Les travaux entrepris sur la navigation de l'Isle n'ont offert que trop de preuves des difficultés qu'on rencontre à établir une navigation en lit de rivière, *dans des circonstances défavorables*. Les ingénieurs successivement chargés des projets n'avaient rien épargné pour s'entourer de toutes les lumières que la connaissance parfaite des localités, l'état de la science et les principes de l'art avaient pu leur procurer. Ces projets, soumis aux délibérations du conseil des ponts et chaussées, avaient subi de nombreuses modifications qui les avaient incontestablement améliorés. On avait mis en œuvre les meilleures méthodes de construction pour les exécuter. Cependant, dès l'automne de 1824, des avaries très-majeures se déclarèrent; trois écluses furent tournées, et beaucoup d'autres dégradations moins importantes exigèrent un prompt remède; on fut forcé d'apporter de nombreuses modifications aux projets approuvés, et l'on s'en promettait un plein succès. Cependant l'hiver de 1825 fit disparaître ces illusions ; de nouvelles avaries se présentèrent ; les trois déversoirs construits eurent, à deux reprises, leurs risbermes ou leurs enrochements enlevés ; deux fois ils furent à la veille d'être tournés par leurs extrémités, et ne durent, pour ainsi dire, qu'au hasard, d'échapper à cette avarie d'un nouveau genre. Les pérés, les avant-radiers, furent entraînés, et les fascinages s'affaissèrent. » *Mémoire sur les causes des avaries successives arrivées aux ouvrages de la navigation de l'Isle, en* 1824, 1825, *et particulièrement en* 1826; par M. Girard de Caudemberg, ingénieur des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées, t.* XIV. Paris, 1835.

« Il est difficile d'éviter des avaries majeures dans les travaux de navigation entrepris en lit de rivière, sous l'influence des circonstances défavorables suivantes, savoir : quand le sol sur lequel on doit fonder les ouvrages est affouillable, lorsque les rives sont facilement corrodées, et sous un régime de rivière qui comporte des crues fréquentes et élevées. » *Ibid.*

III.

CANALISATION DES RIVIÈRES PAR DES RÉTRÉCISSEMENTS.

D'autres modes d'amélioration ont été essayés et mis en pratique.

Pour changer le moins possible le cours d'une rivière qui n'est défectueuse que dans quelques-unes de ses parties, pour lui conserver son régime propre et ne modifier que les courants et les hauts-fonds sur lesquels passe à peine une faible tranche d'eau, on a recours aux rétrécissements.

« Il faut réduire une rivière, dit Fabre, pour lui donner plus de profondeur d'eau, et, pour la forcer à creuser son lit, il n'y a qu'à la rétrécir par intervalles (1). »

Les ouvrages qui ont pour objet de diminuer une largeur de section démesurée, hors de toute proportion avec le débit de la rivière, et qui doivent avoir pour résultat de forcer les eaux à approfondir elles-mêmes leur lit, en les obligeant à s'écouler par une moindre section, sont de plusieurs espèces : les épis, les éperons, les digues, etc (2).

Les épis ont été employés avec succès sur des rivières d'un

(1) *Essai sur la théorie des torrents et des rivières;* par FABRE.

(2) Il est évident que des ouvrages de ce genre ne peuvent s'appliquer qu'à des rivières à fond mobile.

Toutes ces rivières présentent la même configuration.

« En plan, le thalweg offre l'aspect d'une sinusoïde irrégulière, dont les rayons de courbure varient en raison de la vitesse du courant et de la résistance des berges. Il en est de même des bras secondaires dans lesquels les eaux se divisent fréquemment.

» Considéré sous le rapport du tirant d'eau, le thalweg présente une succession de mouilles où la profondeur est considérable et la vitesse moyenne assez faible, et de hauts-fonds sur lesquels il existe peu de profondeur et une vitesse moyenne beaucoup plus forte. Les mouilles correspondent aux parties courbes, et les hauts-fonds aux parties rectilignes de la sinusoïde horizontale. Il en résulte pour le fond du lit un profil sinusoïdal qui se reproduit également dans la pente de superficie. » *Mémoire sur le régime des rivières à fond mobile et sur la défense de leurs rives.;* par MM. LEGROM et CHAPERON.

produit fort différent : sur le Rhin (1), où le volume d'eau est de 350 à 500^{m3}, et sur la Midouze (2), qui ne débite pas plus de 9^{m3} à l'étiage. Ils ont pour effet, lorsqu'ils répondent à l'attente du constructeur, de provoquer l'approfondissement du thalweg vers la rive opposée, de le fixer dans la direction la plus favorable à la navigation, et de protéger la rive sur laquelle ils sont enracinés. Mais les effets cherchés ne se réalisent pas toujours, et, sur la Loire, des travaux d'essai n'ont pas eu les effets qu'on en attendait (3) : tantôt on n'a rien obtenu ; tantôt il y a eu approfondissement au droit du musoir de l'épi, mais parfois de telle sorte, que les sinuosités du thalweg, en longeant la face d'amont et la face d'aval de l'ouvrage, rendaient la navigation lente et périlleuse (4).

Les éperons, les tapis, les tunes, les fascinages et les autres travaux du même genre, ont pour but principal de protéger les berges contre les érosions, et par suite de maintenir le thalweg dans des conditions convenables de direction et de profondeur ; mais ce n'en est pas toujours la conséquence. Il est même à remarquer qu'une rivière dont la

(1) *Des travaux du Rhin ;* par M. Defontaine, ingénieur en chef des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées, t.* VIII. Paris, 1833.

(2) *Rivière de la Midouze ; amélioration de la navigation depuis Mont-de-Marsan jusqu'à l'Adour ;* par M. Laval, ingénieur des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées, t.* II. Paris, 1831.

(3) *Considérations sur le système de rétrécissement par des digues submersibles, etc ;* par M. Beaudemoulin, ingénieur des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées, t.* VII. Paris, 1833.

(4) « Il faut éviter, en général, les constructions connues sous le nom d'*épis*, dirigées transversalement sur le fil de l'eau et qui tendent à en changer brusquement la direction. On peut seulement employer quelquefois des épis à tête noyée, pour renforcer une berge sur laquelle le courant paraît se diriger. C'est à tort, en général, que l'on croit fixer le cours d'un fleuve qui attaque fortement ses rives, en redressant son lit : le résultat de cette opération est d'augmenter la vitesse, et par conséquent la force avec laquelle le terrain peut être emporté. » *Résumé des leçons données à l'école des ponts et chaussées, etc ;* par M. Navier, ingénieur en chef des ponts et chaussées. Paris, 1833.

« Ce n'est qu'avec beaucoup de circonspection qu'on doit changer le cours d'une rivière, parce que les résultats sont incertains. Il faut mieux chercher à la maintenir dans les limites qu'elle semble s'être tracées elle-même, lorsqu'elle est disposée à de trop grands écarts. » *Cours de construction des ouvrages qui établissent, etc ;* par M. Minard

navigation se détériore, forme de nombreux épis naturels, des barrages transversaux de gravier, etc. : c'est peut-être un indice de ce qu'on ne doit pas faire pour l'améliorer (1).

Sur la Garonne, qui est partagée en fosses d'une assez grande étendue et qui charrie des graviers qu'elle roule dans les fosses et dépose sur des maigres toujours les mêmes, dont l'emplacement ne varie pas, on a imaginé d'abaisser les maigres; en s'astreignant à les abaisser tous à la fois, à creuser sur chacun d'eux, dans la partie la plus étroite, celle qui correspond évidemment à la direction des hautes eaux, une passe dont la section transversale est calculée sur le produit de la rivière, on a augmenté le mouillage d'année en année, et l'on a finalement obtenu celui que réclamait la navigation pour être continue (2).

« L'emplacement et la direction des passes, dit M. Borrel, ne sont pas choses indifférentes. Si l'on ne veut pas qu'elles soient comblées par l'effet des premières grandes eaux, il faut les ouvrir sur le point où le banc de gravier présente le moins d'étendue et le plus de pente, et dans une direction perpendiculaire à celle de ce banc de gravier, en raccordant, par des parties courbes, l'amont et l'aval de ces passes avec les lignes que suit la navigation dans les biefs supérieur et inférieur (3). »

(1) « Les avantages que l'ancienne théorie attribuait aux ouvrages saillants sont complétement illusoires. Au lieu de réfléchir le thalweg, ils semblent au contraire le maintenir sur la rive où ils sont placés. Au lieu de prismes d'eau morte, on a d'immenses remous, tout aussi dangereux que le courant primitif. Quelques dépôts se forment à l'aval; mais ce n'est qu'aux dépens des corrosions de la berge d'amont et des affouillements énormes qui se produisent au pied des ouvrages, en sorte que l'on perd toujours d'un côté bien au delà de ce qu'on gagne de l'autre... C'est probablement par suite des idées inexactes que l'on avait conçues du mouvement général du gravier, que l'on a cru longtemps à la possibilité de créer à volonté des attérissements par de simples diminutions de vitesse. » *Mémoire sur le régime des rivières à fond mobile et sur la défense de leurs rives ;* par MM. Legrom et Chaperon.

(2) *Mémoire sur les travaux d'entretien et d'amélioration de la navigation de la Garonne,* etc ; par M. Borrel, ingénieur des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées, t.* XVI. Paris, 1836.

(3) *Ibid.*

Si ces canelles subsistent après les crues, en voici, je pense, l'explication.

Le roulement des eaux d'une rivière, phénomène assez remarquable, semble commencer lorsque la largeur de la section cesse d'être dans un certain rapport avec la profondeur, les fosses n'étant plus, à une hauteur d'eau déterminée, lors des crues, et vu le lit occupé momentanément par la rivière, que de brusques renfoncements du fond, provoquant, suivant la loi de Venturi, des tourbillons à axes horizontaux (1); en d'autres termes, le roulement des eaux ne paraît être qu'un simple effet de la communication latérale du mouvement des fluides.

La permanence des barres force à reconnaître que le gravier qui les forme ne vient pas de très-loin (2); car, à la baisse des eaux, lorsque, par une décrue soudaine, au roulement tumultueux des hautes eaux succède le mouvement paisible de filets rectilignes, coulant par tranches parrallèles, ce n'est pas dans les fosses, quelque longues, quelque profondes qu'elles soient, que se dépose le gravier, mais toujours à leur extrémité d'aval (3).

(1) *Recherches expérimentales sur le principe de la communication latérale du mouvement des fluides*, etc; par J. B. Venturi. Paris, 1797.

(2) *Recherches et considérations sur les canaux et les rivières en général*, etc; par Cl. Deschamps. — *Travaux du Rhin*, par M. Defontaine. — *Mémoire sur le régime des rivières à fond mobile et sur la défense de leurs rives*; par MM. Legrom et Chaperon; etc, etc.

(3) « Les graviers qui existent dans le lit du fleuve et que l'on y voit surgir journellement par toutes les hauteurs d'eau, ne descendent point des montagnes où le fleuve prend sa source. Ils proviennent des berges corrodées par le courant, et se déposent, en aval des anses concaves et du même côté du thalweg, sous forme de bancs continus dont on peut presque toujours d'avance assigner la position. » *Mémoire sur le régime des rivières à fond mobile et sur la défense de leurs rives;* par MM. Legrom et Chaperon.

Fabre a prouvé que, « dans les rivières à fond de gravier, il est nécessaire que, par intervalles, il se creuse des gouffres qui détruisent la plus grande partie de la vitesse acquise par l'accélération de la superficie; il n'y en a pas dans les rivières à fond de sable ou de limon. » *Essai sur la théorie des torrents et des rivières;* par Fabre.

Le même ingénieur fait cette remarque : « La plus grande vitesse est à l'entrée d'un gouffre, et la moindre à sa sortie. Il suit de là que les gués des

Cependant, si l'on abaisse le seuil d'une barre, qu'une passe y soit pratiquée dans la direction des hautes eaux, sur une largeur de section en rapport avec le débit d'étiage de la rivière, le roulement de la masse fluide s'établira dans cette passe comme dans les fosses, et le gravier, qui continuera à se déposer sur les parties latérales, sera chassé de la passe comme il l'est des fosses, sans pouvoir plus s'y rétablir.

Le mode d'amélioration par rétrécissement proposé et employé par Fabre, est à coup sûr des plus remarquables; mais il a surtout pour objet de restreindre le lit majeur, afin de rendre à la culture les terrains envahis par les eaux. Il consiste en digues longitudinales insubmersibles par les plus fortes crues, égales et correspondantes de chaque côté de la rivière, et en digues transversales pareillement insubmersibles, construites en marteau derrière les digues longitudinales. Par l'effet de ces ouvrages, « le courant sera obligé de creuser et d'approfondir son lit; il exhaussera en même temps les côtés par des dépôts, non de gravier, mais de limon, qui, sous peu de temps, pourra être rendu à l'agriculture (1).

Un dernier système de rétrécissement est celui des chenaux, nommés encore passes navigables ou passes artificielles. Ce système, très-diversement jugé par les ingénieurs, a soulevé beaucoup d'objections; d'un autre côté, il a reçu déjà des applications sur plusieurs rivières : il mérite une discussion quelque peu approfondie.

IV.

DES PASSES NAVIGABLES.

§ 1. — *Préliminaires.*

Il y a diverses causes d'attérissement sur le fond même d'une rivière : la faible résistance des rives, la consistance

rivières doivent se trouver à la sortie d'un gouffre; car les endroits guéables sont ceux où la vitesse du courant est la moindre possible. » *Ibid.*

Il dit aussi que « les gouffres disparaîtront pendant les crues, » et c'est un fait que l'observation vérifie. *Ibid.*

(1) *Essai sur la théorie des torrents et des rivières;* par FABRE

du fond, les matériaux charriés par les affluents et beaucoup d'autres circonstances, sont des sources continues de détérioration. Il ne s'agit point ici de les apprécier, ni même de les énumérer toutes (1); mais il en est une qui est directement combattue par l'établissement d'une passe artificielle, et qui par conséquent y conduit naturellement.

Dans les courbes d'une assez grande étendue, le limon, le gravier, se déposent sur la partie convexe, et le chenal se creuse vers la rive opposée, continuellement attaquée et corrodée par le courant (2). S'il existe deux coudes consécutifs et en sens inverse, il se produit un double effet, et de plus, les alluvions de l'un se rejoignant aux alluvions de l'autre, il se forme ainsi une barre transversale, quelquefois très-prolongée. Cette barre peut encore s'établir et même déterminer la formation d'un gué, quoique les coudes soient tournés dans le même sens : il suffit pour cela d'un ralentissement de vitesse par la décrue des eaux, et d'une mauvaise rive.

Tant que les causes d'un attérissement subsistent, les draguages sont sans aucun effet pour augmenter le mouillage dans les parties du fleuve où le manque d'eau se fait sentir. Si, par exemple, un affluent amène des pierres et des roches, seulement même du sable, les attérissements qu'il produit ordinairement à la suite des orages durant lesquels son courant rapide, torrentiel parfois, domine celui de la rivière, ne disparaîtront que par une déviation du confluent, par son obliquité vers l'aval.

Pour détruire les gués et les barres dont il vient d'être question, et en même temps la cause de leur existence, on a recours aux passes navigables, qui, en changeant la direction du courant et en rétrécissant la section, réunissent toutes les eaux d'étiage, maintenues par une jetée submersible, paral-

(1) *Cours d'hydraulique;* par J. F. D'Aubuisson. — *Cours de construction des ouvrages*, etc.; par M. Minard. — *Mémoire sur le régime des rivières à fond mobile et sur la défense de leurs rives;* par MM. Legrom et Chaperon; etc, etc.

(2) *Cours d'hydraulique;* par J. F. D'Aubuisson.

lèle à la rive conservée, qui doit être celle du halage, protégée elle-même, si elle est sujette aux corrosions, par des enrochements, des fascinages ou des plantations d'osier.

De même que dans les passes de la Garonne, il faut que la direction soit celle des hautes eaux.

La vitesse doit être assez forte pour prévenir ou balayer les alluvions, sans toutefois l'être assez pour contrarier la remonte des bateaux. On la modère et on lui donne l'intensité que les besoins réclament, par une longueur de chenal proportionnée à la fin qu'on se propose, la pente totale diminuant à mesure qu'elle se répartit sur une plus grande étendue.

Il faut, en outre, que la hauteur de la jetée ne dépasse point certaines limites.

Pour qu'un chenal dans lequel ces conditions sont observées, se conserve sans altération, il est essentiel d'avoir égard à l'état des rives en amont; si elles se dégradent, s'il s'en détache des terres, des pierres ou du sable, il faut les consolider sur une assez grande étendue, afin que leurs débris ne causent aucun encombrement destructif de l'amélioration cherchée.

§ 2. — *Avantages des passes navigables.*

Si les passes artificielles déterminent un chenal dont la profondeur réponde aux besoins de la navigation sur la rivière qu'il s'agit de traiter, si l'approfondissement est certain, que la vitesse ne dépasse point 1^m ou 1^m50, que les digues submersibles résistent aux crues et aux débâcles, il est impossible d'arriver à une solution plus entière, plus complète, du problème de la canalisation des rivières. Indépendamment de ce que ces ouvrages assurent la permanence de la navigation ordinaire, qu'ils l'exemptent des retards, des lenteurs et des frais qui sont la conséquence inévitable des barrages trans-

versaux, des pertuis, des écluses, des fermettes et des barrages de toute espèce, eux seuls permettent l'établissement de la navigation à vapeur sur des cours d'eau où, jusqu'aujourd'hui, elle a vainement tenté de s'introduire.

De plus, aucune construction ne peut être plus économique.

Il n'y aurait donc pas à hésiter dans l'emploi de pareils ouvrages, s'ils étaient toujours praticables et que leurs effets fussent toujours certains.

Ont-ils déjà été employés? L'ont-ils été avec succès? Les passes précédemment essayées étaient-elles dans des conditions convenables? Quelles sont les conditions essentielles, indispensables, pour obtenir des résultats permanents?

Ce sont là des questions auxquelles il faut au moins tâcher de répondre.

V.

HISTORIQUE DES PASSES NAVIGABLES.

Des pièces dont le sens n'est pas assez précis pour donner une certitude, tendraient à faire supposer que des chenaux ont été effectués dans des temps déjà anciens, notamment sur la Meuse, à Bouvignes, vers le milieu du quinzième siècle (1). J'ai ouï dire aussi que le dernier ingénieur en chef du département de l'Ourthe avait trouvé les débris d'un resserrement qui datait sans doute d'une époque très-reculée, au droit des Augustins, à Liége.

Un fait plus positif, c'est que, sous Louis XIV, des Hollandais proposèrent « de rendre la Loire constamment navigable depuis son embouchure jusqu'à Orléans, en rétrécissant son lit par des digues suffisantes pour ramasser dans un chenal rétréci toute l'eau du fleuve, et cependant assez peu élevées

(1) *Registre aux missives, attestations et autres actes, reposant aux archives de Dinant; année* 1465.

pour que, lors des crues et inondations, elle ne fût pas empêchée de s'étendre dans son ancien lit (1). »

Ces offres ne furent pas acceptées.

Cependant, dès l'année 1718, sur les plaintes du commerce de Nantes, les états de Bretagne avaient chargé des ingénieurs de visiter la rivière, d'aviser aux moyens propres à détruire l'encombrement progressif qui se manifestait et d'en prévenir le retour. Ces visites furent faites en 1718, 1725, 1735, 1738, 1742 et 1746, par les ingénieurs Lafont, Thévenon, Abeille, de Caux, Charon et Lepelletier. Tous proposèrent le rétrécissement du lit de la rivière par des digues submersibles, comme le seul moyen d'améliorer la navigation.

L'exécution de digues submersibles, pour réduire le fleuve en basses eaux à un bras unique d'environ 200^{m} de largeur, entre Nantes et Paimbœuf, fut commencée en 1755, d'après les projets de M. Magin, ingénieur de marine (2).

Ces travaux se poursuivirent, et, treize ans après, ils furent suspendus, sur les réclamations de la ville de Nantes, qui se plaignait de ce que l'effet obtenu ne répondait ni aux promesses de l'ingénieur ni à l'attente du commerce.

En 1769, par un arrêté du conseil, M. Perronet fut chargé d'aller inspecter les travaux et d'en donner son avis. « Il fut entièrement favorable au système mis à exécution, qui lui parut *conforme aux règles de l'hydraulique et de la plus saine théorie* (3). »

Malgré tout le poids qu'un pareil suffrage donnait à l'avis unanime de ceux qui avaient successivement examiné les moyens proposés pour la navigation de la Loire, les travaux furent abandonnés (4).

(1) *Considérations sur le système de rétrécissement*, etc; par M. Beaudemoulin. — *Annales des ponts et chaussées*, t. VII.

(2) *Ibid.*

(3) *Ibid.*

(4) « On voit, dans le mémoire de Perronet, que les travaux exécutés par M. Magin avaient pour but principal de réunir les îles par des digues submersibles, de manière à réduire la Loire à un chenal de 120 toises de largeur en basses eaux. Ces travaux consistaient lors de la visite, en 1769, en 993 toises

En 1822, il fut question de les reprendre et d'appliquer le système de rétrécissement à toute l'étendue de la Loire. Cent mille francs furent accordés pour un nouvel essai, dont l'emplacement fut fixé en amont du confluent de la Vienne, près du village de Chouzé ; mais cet essai ayant consisté dans la construction de trois digues perpendiculaires au courant, chacune de 250 à 280^{m}, disposées sur la même rive et comprenant un espace de 760^{m} de longueur, il ne s'agissait plus de passes artificielles (1).

Un fait toutefois est à constater.

Lorsqu'il s'est agi de la reprise des travaux, les chambres de commerce des villes riveraines furent consultées, et celle de Nantes se prononça pour le rétrécissement : elle le trouva préférable à l'exécution d'un canal latéral. « Un de ses membres, faisant partie de la commission qu'elle avait nommée pour l'examen des moyens proposés, écrivait, le 8 mai 1823, qu'il était maintenant reconnu que les plaintes du commerce, au sujet des constructions exécutées par le S^{r}. Magin, n'étaient pas entièrement fondées. *En effet*, dit-il, *la Loire, depuis cette époque, a offert au moins la même profondeur dans les bras resserrés. L'ensablement s'est porté dans les canaux fermés par les digues ; le mal n'a donc pas augmenté, et si le bien n'a pas été réalisé autant qu'on l'espérait, on doit l'attribuer au défaut de continuation des travaux* (2). »

de longueur de digues, 1526 toises d'enrochements, 281 toises de longueur d'épis, non compris deux épis dont l'un avait été ensablé, et l'autre emporté par les glaces en 1764. Ces divers ouvrages ont été exécutés successivement en descendant, à partir des ponts de Nantes; les îles nombreuses et très-longues qui sont dans cette partie de la rivière, ont rendu l'exécution du projet facile et peu dispendieuse, eu égard à l'étendue qu'il embrassait. On avait de plus construit un môle en pierres sèches, de 45 toises 3 pieds de longueur. La dépense ne s'est élevée qu'à environ 244,000 livres d'alors, non compris les appointements des ingénieurs. » *Ibid.*

(1) Des jetées longitudinales submersibles ont été essayées avec quelque succès, sur les projets de M. Lemière, dans le département de la Loire inférieure. *Sur l'amélioration de la navigation de la Loire;* par M. Paus, ingénieur en chef des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées*, t. XXII. Paris, 1858.

(2) *Considérations sur le système*, etc ; par M. Beaudemoulin.

De cette assertion qu'il suppose exacte, de ce que les travaux exécutés de 1755 à 1768 n'auraient eu, pendant les cinquante-cinq années qui ont suivi, d'autre effet que de conserver le *statu quo* dans les endroits où ils ont été effectués, M. Beaudemoulin conclut qu'on doit peu compter sur les rétrécissements pour augmenter la profondeur d'eau en Loire (1).

Il serait peut-être permis de tirer de là une conclusion contraire.

Car, si la largeur du rétrécissement a eu pour résultat, dans son état actuel, d'arrêter les attérissements et de s'opposer à un nouvel exhaussement du fond, il est certain que la direction de la passe est excellente, et il est infiniment probable qu'une section de moindre largeur, calculée dans les conditions de la pente et du débit de la rivière, aurait déterminé l'approfondissement, à moins que le fond n'ait trop de résistance, qu'il ne soit formé de ce tuf inaffouillable nommé *jalle*, qu'on rencontre en plusieurs points sous le gravier de la Loire.

Les faits relatifs à un ouvrage encore plus ancien viennent à l'appui de cette conjecture.

Le *duit* d'Orléans, exécuté depuis plus d'un siècle, sur une longueur d'environ 800^{m}, réduit le lit de la Loire à 80^{m} de largeur, et à 100^{m} auprès du pont. En 1834, à l'amont de ce duit, on en a construit un autre qui, sans s'y réunir, laisse aux eaux d'étiage le même débouché que le premier. En 1838, on a prolongé l'ancien duit en aval sur près de 1200^{m}; mais la passe n'a pu être ouverte par le courant sur toute la longueur : un banc de gravier et de cailloux, qui opposait trop de résistance, a été ouvert à la drague.

Les conséquences d'un pareil travail sont visibles.

Le débit n'étant que de 28^{m3} à l'étiage (2), la rivière devait

(1) *Considération sur le système*, etc.; par M. Beaudemoulin.

(2) Ce volume d'eau, inférieur à celui qui est indiqué par M. Minard, a été donné par M. l'ingénieur en chef du service spécial de la Loire.

se faire un lit dans le chenal, et des attérissements devaient se former ça et là : c'est ce qui a eu lieu. Le thalweg n'ayant point une direction constante et étant dévié dans la passe même, le courant ne pouvait pas débarrasser l'aval de la passe du gravier qui s'y amoncelait sur une trop large section, et c'est encore ce qui s'est vérifié. Enfin une passe navigable ne se maintient dans un régime uniforme et permanent que par l'uniformité de la section et la permanence de la vitesse ; les interruptions, les irrégularités, donnent naissance à des remous, et, par suite, à des désordres auxquels la passe ne remédie plus. M. Minard, peu favorable à ce genre d'ouvrage, reconnait cependant que le duit d'Orléans est dans des conditions anormales. « Ce système de digues submersibles à 0^m 60 au-dessus de l'étiage forme un chenal de plus de $3{,}000^m$ de longueur et de 80 à 100^m de largeur entre elles et les quais pérériés de la ville. Les irrégularités des quais, le défaut de jonction avec l'ancien duit, enfin la nécessité de ménager un espace convenable au port d'Orléans, que le dernier duit comprend, donnent lieu à des largeurs inégales de débouché qui facilitent les dépôts de sable qui se sont formés en 1839 (1). »

Il est donc vraisemblable que, à l'aval de Nantes, on serait arrivé à de meilleurs résultats, si, au lieu de laisser 200^m de largeur à la section, on lui eût assigné une largeur moindre (2).

(1) *Cours de construction des ouvrages*, etc ; par M. Minard.

(2) La navigation de la Loire est très-défectueuse ; elle a, en conséquence, été l'objet de nombreuses études par des ingénieurs expérimentés. Une multitude d'opinions et de projets, basés sur des considérations très-différentes, sont résultés de ces études. Cela seul est un indice assez certain des difficultés que présente l'amélioration cherchée.

« On doit considérer dans la Loire trois lits : celui des basses eaux, celui des moyennes eaux et celui des grandes eaux ; le premier, bordé par les grèves ; le second, par les rives ou chantiers, et le troisième par les coteaux et les digues insubmersibles.

« La largeur du premier lit varie, dans Maine et Loire, de 50^m à 150^m, et la hauteur de ses bords au-dessus du plus bas étiage, de 0^m 80 à 1^m 50 ; la

D'autres essais plus récents de passes navigables ont été faits sur d'autres rivières. La Meuse et la Moselle en offrent quelques exemples remarquables.

« Sur la Moselle, aux deux hauts-fonds dits *de la Haute-Ham*, on a exécuté, vers 1836, deux rétrécissements : l'un par une seule digue longitudinale, rapprochée d'une berge ; l'autre, par deux digues parallèles, distantes entre elles de 30^{m}. Elles dépassaient l'étiage de 0^{m} 60.

« Le premier n'a pas eu de succès; il y a eu approfondissement sur un point du chenal et attérissement sur un autre : le haut-fond n'est que déplacé. On attribue ce résultat à l'insuffisance de hauteur de la berge conservée, qui, n'étant effectivement qu'un banc plat, offrait un grand débouché à l'eau dès qu'elle excédait l'étiage de 0^{m} 20 à 0^{m} 30, et amortissait la vitesse dans le chenal.

« Le second a réussi. En voici les diverses circonstances.

« Les deux digues, unies aux berges en amont par deux parties circulaires et terminées en aval sans raccordement, avaient 230^{m} de longueur et laissaient entre elles un chenal de 30^{m} de largeur. Achevées en août 1836, il a été reconnu en octobre suivant : 1° que la profondeur d'eau, qui, avant les travaux était moyennement de 0^{m}64, et au *minimum* de 0^{m}50, avait été portée moyennement à 1^{m}10, et au *minimun* à 0^{m}87 ; 2° que la vitesse à la surface, qui était de

largeur du second est moyennement de 600^{m}, et sa hauteur d'environ 3^{m}50; la largeur du troisième varie de 450^{m} à 6,000^{m}, et sa hauteur est de 6^{m} 20...

» On a proposé, à diverses époques, d'opérer le rétrécissement de la Loire par des enrochements et des plantations, et quelques personnes ont même espéré que ce moyen, employé seul, donnerait la solution du problème de la navigation en toute saison.....

» Dans son rapport du 18 novembre 1830, M. Cormier a émis l'opinion que l'approfondissement étant nécessaire pour le temps d'étiage seul, c'était sur les eaux d'étiage seules que le système devait agir, il résulte, au contraire, de l'observation de M. Derrien, que c'est sur le lit des moyennes eaux qu'il faut d'abord opérer, et que, si l'on suivait une autre marche, la destruction successive des chantiers occasionnerait une perturbation continuelle dans les modifications apportées au lit d'étiage. » *Sur l'amélioration de la navigation de la Loire;* par M. Paus.

1m40, était portée à 2m60; 3° que le gonflement en amont des digues était de 0m20 en étiage, de 0m25 quand l'étiage était dépassé de 0m50, puis diminuait jusqu'à disparaître à 1m au-dessus de l'étiage; 4° enfin qu'il s'était formé en aval des digues un banc de 3,000m³ provenant de l'approfondissement effectué dans le chenal, évalué à 5,000m³, lequel banc, commençant en aval des digues, bifurquait le thalweg, le réduisait à 0m75 au lieu de 0m83, et s'élevait à son milieu jusqu'à 0m50 au-dessus de l'étiage.

« Tels ont été les premiers effets; mais au mois d'août 1837, après avoir dragué dans le banc une passe de 1m de hauteur d'eau sur 30m de largeur, la vitesse n'était plus que de 1m60, et le gonflement en amont était nul. Plus tard, en 1838, après plusieurs crues, la partie draguée conservait sa profondeur ainsi que le chenal. En définitive, l'étiage était partout le même qu'avant les travaux, le fond seul avait changé (1). »

Il résulte de ces détails que deux conditions sont essentielles à observer dans la construction des passes : la direction et le débouché d'aval.

La première passe, par le peu de relief de sa berge, cessant, dès que le niveau s'élevait de 0m20 à 0m30, d'être dans la direction du courant, devait se remplir pendant les crues : le roulement des hautes eaux la prenant en travers, y ramenait le gravier et la comblait.

La seconde, au contraire, à réussi, parce que sa direction était bonne, que les hautes eaux y roulant comme dans un racle, l'ont déblayée, et, par leur roulement, ont prévenu tout dépôt. Si les digues submersibles eussent été plus prolongées, et que le débouché eût eu lieu dans une eau profonde, il ne se serait formé aucun attérissement à l'aval.

Du reste, on n'en est plus aux essais sur cette rivière, et

(1) *Cours de construction des ouvrages*, etc ; par M. MINARD.

trente-sept passes aujourd'hui construites ont tout à fait changé sa navigation dans le département de la Moselle (1).

Plusieurs passes ont été ouvertes avec un plein succès sur la Meuse française. Les deux plus anciennes, celles de Dom-le-Mesnil et de St Louis, ont été commencées au mois de juillet 1837 et terminées, l'une vers la fin de l'automne de la même année, l'autre dans l'été de 1838. La solidité de leur construction est attestée par leur durée; leurs bons effets pour la navigation ne se sont point encore démentis (2).

La Midouze a été améliorée dans la totalité de son cours, depuis Mont-de-Marsan jusqu'à l'Adour, de manière à devenir propre à la navigation à vapeur, au moyen de digues transversales, formées de piquets clayonnés, entre lesquelles sont échoués des corps d'arbres ; ces épis et ces échouages, élevés de 0^m50 à 0^m40 au-dessus de l'étiage, sont liés par des digues longitudinales continues; ce système détermine des ensablements à la fin des crues de l'hiver, et lorsque ceux-ci sont assez élevés, on les consolide par des plantations en boutures de saules et de peupliers, ainsi que par des semis de foin et de bruyère (3).

De semblables résultats, il semblerait que l'on pût conclure que l'emploi des passes artificielles est, non-seulement praticable, mais utile et avantageux. Toutefois, avant de rien

(1) Non-seulement trente-sept passes ont été ouvertes, mais des enrochements défendent les rives sur une très-grande étendue; des portions de chemin de halage, rétablies ou perfectionnées et portées à 2^m25 au-dessus du niveau d'étiage, comprennent une longueur développée de 18.419^m, et il ne reste plus que six passes à construire pour compléter l'amélioration de la rivière dans ce département, sur un parcours de 80 kilomètres.

(2) « La digue de Dom-le-Mesnil a maintenant subi l'épreuve de trois hivers. En 1838, son couronnement s'est trouvé pris dans les glaces. Jusqu'à présent elle n'a pas éprouvé la moindre avarie, ni exigé la plus légère réparation. Elle est devenue tellement étanche, qu'à l'époque de l'étiage il ne reste plus dans l'ancien lit de la rivière, hors du rétrécissement, qu'une eau parfaitement immobile et stagnante. » *Rapport*, en date du 5 novembre 1840, *sur les résultats obtenus par la construction de chenaux artificiels dans le lit de la Meuse ;* par M. Thirion, ingénieur en chef des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées*, t. XXXI. Paris, 1841.

(3) *Rivière de la Midouze*, etc; par M. Laval.

généraliser, il convient de s'assurer des moyens de calculer les dimensions d'une passe, de reconnaître les principes sur lesquels reposent les calculs et d'apprécier les conditions diverses dont la pratique recommande l'observation.

VI.

DÉTERMINATION D'UNE PASSE NAVIGABLE ET DE SES DIVERSES PARTIES.

§ 1. — *Formule de Prony.*

Il s'agit de déterminer avec exactitude un chenal continu, à section constante, dans lequel, avec un mouillage proportionné au débit de la rivière, une vitesse modérée satisfasse aux besoins de la navigation.

Tel est le problème à résoudre, et qui, théoriquement, comporte une solution très-simple.

Il suffit de se rappeler quelques-uns des faits observés, quelques-unes des hypothèses admises dans le mouvement des eaux courantes, pour comprendre la formule qui en découle et que l'on doit à M. de Prony (1).

On distingue le cas où le mouvement est permanent de celui où il est uniforme.

Si, pendant l'unité de temps, le débit est le même dans toutes les sections transversales, perpendiculaires aux filets fluides, quelles que soient d'ailleurs les variations de la vitesse et de la section, le mouvement est permanent.

Il est uniforme, lorsque la vitesse et la section ne varient en aucun point et restent partout les mêmes.

En suppposant l'existence de ces sections infiniment minces, on admet :

Que la vitesse des molécules fluides est constante en chaque

(1) *Recherches physico-mathématiques sur la théorie des eaux courantes*; par M. De Prony.

point d'une même section et qu'elle ne varie que d'une section à l'autre ;

Que chaque molécule se meut sensiblement en ligne droite ;

Enfin que, vu la légère variation de chaque section par rapport à celle qui la précède, la vitesse de chaque molécule peut être regardée comme perpendiculaire à la tranche qu'elle traverse.

En s'appuyant de ces diverses considérations, on établit l'équation du mouvement permanent (1), dont on déduit celle du mouvement uniforme.

Dans ce dernier cas, la déclivité de l'eau à la surface est la même que celle du fond du lit, et cette circonstance, qui simplifie l'expression trouvée pour le mouvement permanent, conduit à l'équation du second degré,

$$RI = \alpha u + \zeta u^2.$$

Dans cette équation, R est le rayon moyen, I la pente par mètre, u la vitesse moyenne, α et ζ deux quantités numériques déterminées par l'expérience (2).

Si l'on désigne par ω l'aire de la section constante, par χ le périmètre mouillé de cette section, on a, selon la définition de Dubuat, $R = \frac{\omega}{\chi}$.

En appelant ζ la différence de niveau des deux points extrêmes, λ leur distance, on a encore $\frac{\zeta}{\lambda} = I$.

Enfin, V étant la vitesse observée au milieu du courant de surface, on doit à M. De Prony la relation

$$u = \frac{V\,(V + 2,37187)}{V + 3,15312}.$$

(1) *Résumé des leçons données à l'école des ponts et chaussées*, etc ; par M. Navier.

(2) *Recherches physico-mathematiques sur la théorie des eaux courantes* ; par M. de Prony. — *Résumé des leçons*, etc ; par M. Navier. — *Traité d'hydraulique* ; par J. F. d'Aubuisson. etc, etc.

Les deux coefficients α et ζ ont été déterminés aussi par M. De Prony, qui, en combinant les résultats de trente expériences faites par Dubuat, a trouvé $\alpha = 0{,}0000444499$, $\zeta = 0{,}000309314$. Depuis, M. Eytelwein, en suivant exactement la même marche, mais en étendant ses observations à quatre-vingt-onze rivières ou canaux, dans lesquels la vitesse a varié de 0^m12 à 2^m42, et la section fluide de $0^{m2}014$ à 2604^{m2}, leur a assigné d'autres valeurs; d'après lui, $\alpha = 0{,}0000242651$, $\zeta = 0{,}000365543$.

Avec ces données, la connaissance du produit de la rivière et celle de la pente au point de son cours où l'on veut opérer un rétrécissement au moyen d'une passe navigable, il devient facile de calculer toutes les dimensions de la passe. En effet, si Q est le produit de la rivière, $u = \frac{Q}{\omega}$, et des tables dues à M. De Prony fournissent la valeur de RI correspondante à chaque valeur de u (1). Ainsi, par exemple, pour un volume d'eau de 65^{m3}, la pente étant de 0^m449, une passe de 25^m de largeur au plafond, devrait avoir 765^m de longueur, pour que le mouillage y fût de 1^m60.

§ 2. — *Direction de la passe.*

Le calcul d'une passe est donc des plus simples; aussi est-ce la partie la plus facile des études qui doivent précéder son établissement. Le choix de la direction est peut-être le point le plus difficile.

On serait aisément tenté de diriger la passe par un alignement droit à travers le banc de gravier qu'il s'agit de détruire; mais l'expérience a prouvé qu'il est souvent dangereux de prendre cette direction, et qu'il vaut mieux suivre les sinuosités de la rivière que de redresser son cours (2).

(1) *Recueil de cinq tables*; par M. DE PRONY. — *Recueil de tables à l'usage des ingénieurs*; par M. R. GÉNIEYS.

(2) *Resumé des leçons*, etc; par M. NAVIER. — *Traité d'hydraulique*; par J. F. D'AUBUISSON. — *Cours de construction des ouvrages*, etc; par M. MINARD.

On conçoit, en effet, que le courant des eaux d'étiage importe peu : c'est la passe artificielle qui le détermine ; mais si cette passe est oblique au courant des hautes eaux, elle forme barrage dans les grandes crues qui se renouvellent fréquemment en été comme en hiver, et il suffit d'un orage pour l'encombrer complétement et en peu d'heures, dans toute son étendue.

La direction indiquée par les hautes eaux est donc celle qui convient à la passe.

Si les hautes eaux ont plusieurs directions à partir d'un même point, on sera libre de choisir l'une ou l'autre, selon les convenances. Celle qui se rapproche le plus de la rive du halage mérite évidemment la préférence, à moins de circonstances extraordinaires.

Il faut éviter les coudes, les courbes d'un trop petit rayon ; mais les sinuosités ont leurs avantages, et l'un des plus grands qu'elles présentent est la diminution de vitesse. M. Defontaine pense même que les alignements curvilignes doivent être préférés (1).

§ 3. — *Largeur au plafond.*

Les données de la question sont le volume d'eau et la pente totale ; les quantités à déterminer sont la largeur de la section, le mouillage et la longueur de la passe, en sorte que si l'on se donne deux de ces trois indéterminées, la troisième s'ensuit. Il y a toutefois des limites dans les valeurs à prendre, et si l'on cherchait un mouillage trop élevé, eu égard au débit de la rivière, on aurait un canal si long et si étroit, qu'il serait plutôt une gêne qu'un avantage pour la navigation ; si, au contraire, le chenal avait trop peu de longueur, le courant y serait trop rapide ; etc.

Il y a encore une considération à laquelle il convient

(1) *Des travaux du Rhin ;* par M. Defontaine.

d'avoir égard ; l'*onde* est un obstacle très-grave à la marche des bateaux à vapeur dans les passes étroites, et cet obstacle s'accroît avec la profondeur (1).

Il faut donc régler les dimensions de ces passes sur les besoins des bateaux-rapides et de la navigation ordinaire, de manière que, pour les uns, il n'y ait pas trop de profondeur, et que, pour l'autre, la largeur soit suffisante.

C'est ce qu'il est facile de concilier.

Selon la remarque de M. Navier sur la formule donnée par Dubuat, qui représente le résultat des expériences de Bossut à ce sujet, il y a une limite inférieure en deçà de laquelle la navigation n'éprouve aucune gêne.

La formule de Dubuat,

$$R' = \frac{8,46\,R}{\frac{\omega}{\omega'} + 2},$$

R étant la résistance du bateau dans un fluide indéfini, R' celle qu'il éprouve dans le chenal, ω l'aire de la section transversale du chenal, et ω' celle de la section transversale du

(1) « Lorsqu'un bateau chemine sur un canal étroit avec une grande vitesse » de 4 à 5m, le fluide qu'il déplace à chaque instant s'amoncelle sur ses côtés, et il y produit comme une forte intumescence. Si on arrête tout à coup le bateau, on la voit, et d'une manière très-distincte, se porter en avant, et former, en travers du canal, une *onde* saillante, qui s'avance sur la nappe fluide, jusqu'à une distance de un et de deux mille mètres, avec une vitesse toujours uniforme, indépendante de celle qu'avait le bateau et ne paraissant dépendre que de la profondeur de l'eau dans le canal. De nombreuses expériences ont montré que cette vitesse est due à une hauteur à peu près égale à la moitié de la profondeur augmentée de la hauteur de l'onde : de sorte que si h représente la profondeur moyenne ainsi augmentée, la vitesse sera $\sqrt{2\,g\,\frac{1}{2}\,h} = 3,13\sqrt{h}$. Si l'eau du canal avait une vitesse propre, elle s'ajouterait à la valeur ci-dessus, ou elle s'en retrancherait, selon que l'on descendrait ou remonterait le courant... La vitesse d'un bateau doit toujours être mise en rapport avec celle de l'onde, et par suite avec la profondeur d'eau du canal. De même, la profondeur d'un canal à établir doit être mise en rapport avec la vitesse des moteurs à y employer. Si ce sont des chevaux, par exemple, comme la plus grande vitesse qu'ils puissent avoir en relais, est de 4 lieues ou 16,000m à l'heure, ou de 4m44 en 1s, et que, d'autre part, il faut dépasser d'environ un quart la

bateau, cette formule, dis-je, montre que quand $\frac{\omega}{\omega'} = 6{,}46$, la résistance ne diffère plus sensiblement de ce qu'elle est dans un fluide indéfini, et, si cette même formule était rigoureusement exacte, on aurait toujours, dans la même circonstance, $R' = R$. Si les sections transversales du chenal et du bateau étaient des figures semblables, les résistances cesseraient de différer lorsque les côtés homologues seraient dans le rapport de 2,54 à 1. D'ailleurs, l'eau qui passe de l'avant à l'arrière du bateau coulant surtout à la surface, c'est la largeur à la surface qui influe le plus sur le rapport dont il s'agit; aussi les expériences indiquent-elles que pour qu'on ait $R' = R$, il faut que la largeur du chenal à la surface soit 5 fois $^1/_2$ celle du corps flottant (1).

Cette condition sera satisfaite, dans l'exemple d'un volume d'eau de 65^{m3}, si l'on donne 30^m de largeur au plafond, avec un mouillage de 1^m50, et que les talus soient dressés à l'inclinaison de 3^m de base pour 2 de hauteur; la largeur de la section à la surface, prise au niveau des eaux d'étiage, sera de 34^m50, et celle des bateaux ne dépasse guère 5^m50.

§ 4. — *Vitesse dans les passes.*

Sous un même profil en relation avec le débit de la rivière, la vitesse dépend de la longueur de la passe, et il est avantageux à la navigation en remonte que cette vitesse soit réduite le plus possible; mais il faut aussi que le courant ait assez de force pour chasser le gravier qui se dépose (IV, § 1er). Pendant les hautes eaux, il se fait de profonds affouille-

vitesse de l'onde, on aura à remplir la condition exprimée par l'égalité $4{,}44 = 1{,}25 \times 3{,}13\sqrt{h}$; d'où $h = 1^m\,29$. Ainsi la profondeur à donner au canal sera de 1^m29. Une plus grande serait préjudiciable. Cette assertion paraîtra paradoxale à ceux qui savent, et tous les bateliers le savent, qu'en général la navigation est d'autant plus facile que l'eau est plus profonde; mais ce qui est vrai pour des barques ordinaires ne l'est plus pour les bateaux rapides. » *Traité d'hydraulique;* par J. F. D'AUBUISSON.

(1) *Résumé des leçons*, etc; par M. NAVIER.

ments, qui ont pour effet de creuser l'amont du chenal, et quelquefois encore plusieurs autres de ses parties : si les hautes eaux ont une durée suffisante, tout le gravier qu'elles affouillent est emporté; si, au contraire, elles sont suivies d'une décrue soudaine, il peut se former des attérissements sur quelques points, et, quoique ces dépôts aient, en général, peu de consistance, une certaine vitesse est nécessaire pour les détruire.

Les limites de cette vitesse doivent être déterminées.

Des expériences de Dubuat, confirmatives de faits observés, en fournissent le moyen.

On sait qu'il faut une vitesse de 0^m65 pour mettre en mouvement des galets de 0^m03 de diamètre, et qu'elle doit s'élever à 1^m pour des silex de la grosseur d'un œuf (1); or, si nous supposons 1^m50 de vitesse *maximum* à la surface (IV, § 2), nous aurons pour la vitesse de fond (2), $w = 2u - V = 2^m50 - 1^m50 = 1^m$, et, dans l'hypothèse de $V = 1^m$, cette vitesse de fond sera, $w = 1^m62 - 1^m = 0^m62$: elle sera donc capable, dans le premier cas, de déblayer de très-forts attérissements, formés d'un gravier mobile récemment accumulé, et, dans le second, de faire descendre jusqu'au-dessous de la passe les dépôts les plus ordinaires, composés de menu gravier et de sable (3).

Du reste, les attérissements sur quelque point d'une passe, y provoquent une accélération de vitesse qui hâte leur destruction.

§ 5. — *Jetées submersibles.*

Les eaux d'étiage seront maintenues dans la direction qui leur aura été assignée, au moyen d'une jetée, véritable rive

(1) *Principes d'hydraulique*, § 396.

(2) *Résumé des leçons*, etc; par M. Navier.

(3) Dans la plupart des passes de la Moselle, une plus grande vitesse a été jugée nécessaire; il y a même un chenal, celui de Sierck, à l'aval de Thionville, où la jetée n'ayant que 406^m de longueur, la vitesse conservée au courant d'étiage est de 2^m65.

artificielle qui marque la limite du *lit mineur ;* cette jetée doit être submersible, afin de ne rien changer au *lit majeur* (1) et de laisser aux hautes eaux le débouché dont elles ont besoin (2).

Quels que soient le mouillage et la largeur du chenal, les dimensions de la jetée seront excellentes, si, construite en moellons, elle a des talus de 2 de hauteur sur 3 de base, et 1^{m} de largeur à son couronnement, qui doit être à 0^{m}15 ou 0^{m}20 en contre-haut de l'étiage (3).

La seule condition à satisfaire, c'est que l'ouvrage soit assez résistant pour supporter la pression exercée par la masse fluide.

Or, cette pression, moindre en réalité que celle du fluide supposé inerte, est à l'étiage, pour 1^{m}50 de hauteur, de 2025 kilogrammes par mètre courant, de 2604 kilogrammes lorsque l'eau coule à pleins bords, et elle devient à peu près nulle dans les hautes eaux, puisque alors la jetée étant presque dans le sens du courant, il y a sensiblement équilibre entre les poussées latérales.

Il y a cependant une circonstance dans laquelle cette pression s'accroît : c'est lors des premières crues, seul cas où la jetée, jouant le rôle de déversoir, est perpendiculaire au courant de surface; mais en supposant même, ce qui n'est pas, qu'elle ait alors à supporter tout le poids de la masse fluide en mouvement, sur une hauteur de 0^{m}20, l'effort dont elle devrait être susceptible, dans l'hypothèse de 1^{m}50 de hauteur d'étiage, est de 40 kilogrammes par mètre (4), lesquels, ajoutés à la pression correspondante au mouvement à pleins bords, donnent en tout 2644 kilo-

(1) *Essai sur la théorie des torrents et des rivières ;* par FABRE.

Fabre fait remarquer que le lit majeur et le lit mineur se confondent dans les rivières à fond de sable et de limon. *Ibid.*

(2) *Des travaux du Rhin ;* par M. DEFONTAINE, etc.

(3) *Rapport du 10 février 1858 ;* par M. LEROY, ingénieur en chef du département des Ardennes.

(4) Lorsque le niveau de l'eau est à 1^{m}50 au-dessus du fond de la rivière, la longueur du talus est de 2^{m}70; s'il est à 1^{m}70, le talus a 3^{m}064. La pression exercée sur la jetée étant égale au poids d'un cylindre d'eau qui aurait pour base la surface du talus intérieur, et pour hauteur la distance du centre de gravité

grammes, pression bien inférieure à l'effet dont cette même jetée est réellement capable, attendu qu'il suffirait d'une épaisseur de 0^m37 en couronne, avec talus extérieur de $\frac{1}{20}$, pour qu'elle résistât à la poussée du fluide (1).

L'épaisseur de 1^m en couronne serait donc beaucoup trop forte, si la jetée ne devait résister qu'aux eaux ordinaires; mais, quoique son peu d'élévation la mette généralement à l'abri des dégâts que causent les débâcles, c'est néanmoins à cause des effets auxquels elle est exposée dans les hautes eaux, que ses dimensions doivent être exagérées. Du reste, elles ne peuvent être fixées que par approximation, les talus devant avoir une inclinaison qui s'oppose à l'emploi direct des formules (2).

VII.

DÉTAILS D'EXÉCUTION D'UNE PASSE NAVIGABLE.

§ 1. — *Couronnement des jetées.*

Le couronnement de la jetée ne doit s'élever que très peu au-dessus de l'étiage. Toutes les eaux, jusqu'à ce qu'elles débordent le couronnement, devant passer par le chenal, acquerraient une vitesse énorme si la section ne s'élargissait pas bien vite. Ainsi, sur la Moselle, où une crue de 0^m50 double le volume d'eau de la rivière, on a reconnu que le couronnement était trop élevé à 0^m60 en contre-haut de l'étiage. Le mieux est donc de s'en tenir à 0^m20, hauteur fixée sur la Meuse française par M. Leroy (3).

de cette surface au niveau de l'eau, est exprimée, dans le cas de l'étiage, par $1000^k \times 2{,}70 \times 0{,}75 = 2025$ kil. Quand l'eau atteint le sommet de la jetée et l'affleure, la pression est $1000^k \times 3{,}064 \times 0{,}85 = 2604^k$. Enfin quand la jetée devient déversoir, on a $1000^k \times 0{,}20 \times 0{,}10 = 40^k$.

(1) *Recueil de tables*, etc.; par M. R. Génieys.

(2) *Résumé des leçons*, etc; par M. Navier.

(3) *Rapport du 10 février 1810*; par M. Leroy.

Cette hauteur répond assez bien aux variations d'étiage, et lorsqu'elle est dépassée, les eaux s'élèvent d'ordinaire assez rapidement pour que le couronnement de la jetée soit promptement submergé par les crues.

Quelque court que soit l'intervalle qui sépare les basses eaux des eaux moyennes, il faut que le couronnement résiste à l'écoulement du fluide qui le déborde, et c'est pour cela que les moellons dont il se compose doivent être de forte dimension, serrés, jointifs et en liaison ; autrement il serait bientôt détruit.

§ 2. — *Construction du corps de la jetée et du couronnement.*

Un massif de sable ou de gravier, garni extérieurement en moellons, est le système le plus simple ; mais il n'est peut-être pas toujours assez rassurant pour être employé sur des rivières dont le régime, dans les fortes crues, devient torrentiel. Il est préférable de n'employer que des jetées d'enrochement, formées de moellons bruts d'une forte dimension, dont les vides sont remplis par des pierres plus petites.

Le couronnement en moellons dégrossis au marteau, posés de champ, par rangées transversales, en hérisson, serrés et joignants, tire toute sa force de la bonne liaison des pierres qui le composent. Cette liaison est surtout nécessaire dans les hautes eaux, parce qu'alors il fait l'office de déversoir et doit avoir la solidité d'un radier.

« Moyennant, dit M. Leroy, que les pierres qui forment les enrochements soient d'un assez fort volume et arrangées avec soin, nous jugeons inutile de recouvrir la surface des jetées par une maçonnerie de moellons smillés. Seulement, l'assise de couronnement sera faite de moellons choisis, posés en hérisson et faisant bonne liaison. Par ces dispositions, pour les réparations des affaissements des jetées, il suffira de simples enrochements et rechargements (1). »

(1) *Rapport du 10 février 1838* ; par M. Leroy.

Il est donc possible que la jetée s'affouille ; dans ce cas, si le massif était de sable ou de gravier, les plus graves désordres sur le fond du lit pourraient en être la suite, et il ne serait pas étonnant que la passe fût détruite en totalité; s'il est en moellons, un simple rechargement suffira pour réparer le mal.

Du reste, si des circonstances particulières et imprévues peuvent provoquer un affouillement de la jetée, il est probable que cet accident ne se produira pas lorsque la passe sera dans une bonne direction.

On sait, en effet, d'après les observations de Venturi, que les anfractuosités de la rive donnent naissance à des tourbillons à axes verticaux, et que des tourbillons à axes horizontaux proviennent des excavations ou des ressauts brusques du fond du lit (1). Il en résulte que si, après un coude, la rive se prolonge en ligne droite, avec un talus régulier, le tourbillon vertical disparaît : la section horizontale étant évidemment une spirale hyperbolique dont l'asymptote est parrallèle à la rive, ce tourbillon se développe en une longue branche, dont le rayon de courbure augmente rapidement, et qui se termine en un courant régulier dans la direction de l'asymptote. Par la même analogie, l'exhaussement du fond qui occasionne un tourbillon horizontal, s'il a quelque étendue en longueur, engendre un courant qui l'enveloppe parallèlement à ses faces, et il n'y a plus de roulement dans aucun sens : le haut-fond est entouré d'un courant longitudinal qui ne sera interrompu et ne cessera que par un changement brusque dans la direction qu'il suit. Des courbes d'un grand rayon ne le détruiront pas.

Ces conséquences paraissent découler directement des observations de Venturi.

Si donc une jetée submersible est bien dans la direction des hautes eaux, et qu'elle soit établie sur un sol résistant,

(1) *Recherches expérimentales sur le principe de la communication latérale*, etc; par J. B. Venturi.

quoique d'ailleurs la résistance du fond soit la même dans la passe artificielle, il y aura approfondissement du plafond de la passe, sans affouillement de la jetée (1).

§ 3. — *Draguage du plafond.*

Sans contredit, l'un des plus grands avantages des passes est l'économie de leur construction. Il faut donc, s'il est possible, éviter les draguages, qui, par les épuisements qu'ils exigent, deviennent parfois excessivement coûteux. Heureusement ils ne sont jamais ou presque jamais nécessaires. Si la passe est dans une direction convenable, le roulement des hautes eaux doit y produire les mêmes effets que dans les fosses et en chasser le gravier; s'il ne l'en chasse pas, il ne s'opposera pas non plus à ce qu'il s'y dépose, et la passe aura été faite en pure perte. Ainsi le draguage à main d'homme aurait été une dépense inutile dans les deux cas.

Il peut y avoir lieu de faire un draguage partiel, même lorsque la passe est dans une bonne direction, si les hautes eaux n'ont pas eu assez de durée pour déblayer tout le chenal, et qu'il y ait eu encombrement sur quelque point; mais c'est un travail facile, dont le besoin ne se manifeste qu'après les crues et durant l'étiage de la campagne suivante.

(1) Les affouillements sont, en général, la cause la plus fréquente de la ruine des barrages, et lorsque ces barrages sont transversaux, soit à paroi verticale, soit à paroi inclinée, ils courent encore un autre péril, celui d'être tournés. On ne les en préserve que par des ouvrages défensifs et l'entretien le plus minutieux. Cet accident n'est pas à craindre pour les jetées d'enrochement des passes navigables : leur direction les en garantit.

« Il est certain que les extrémités des déversoirs des moulins sont rarement tournées, quoiqu'on ne fasse d'ailleurs aucun ouvrage dans l'intention de les préserver, et qu'on n'y trouve ni les pérés, ni les fascinages ordinairement destinés à cet emploi. On ne peut chercher la raison de ce fait que dans la disposition de ces déversoirs, *en écharpe sur le cours de la rivière*, et de manière à se rattacher à la rive *sous un angle très-aigu*, dont l'ouverture est tournée vers l'aval. » *Mémoire sur les causes des avaries successives arrivées aux ouvrages de la navigation de l'Isle*, etc; par M. GIRARD DE CAUDEMBERG.

§ 4. — Précautions préalables à l'établissement d'une passe navigable.

Pour qu'une passe se maintienne en bon état, que l'eau y conserve une bonne tenue, il y a nécessité de prendre certaines mesures sans lesquelles le succès serait incertain.

Les rives en amont devront être dressées aussi soigneusement que celles du chenal même, afin qu'aucune anfractuosité, aucune saillie ne donne lieu à des remous, à des contre-courants, à des tourbillons, qui feraient dévier les hautes eaux de leur cours naturel.

Si les berges étaient d'une érosion facile, s'il s'en détachait des pierres ou seulement du gravier, elles devraient être revêtues en osier, en fascinages, et même en moellons (1).

Cette précaution permet d'atténuer la vitesse d'étiage et de la réduire même à moins de 1m (VI, § 4).

Quoiqu'il ne faille pas draguer la passe, il faut enlever les pierres qui peuvent s'y trouver, ainsi que celles qui se rencontreraient en amont dans le lit de la rivière, et plus particulièrement les blocs rapprochés de la berge conservée comme rive du lit mineur.

Lorsque le fond, en quelques-unes de ses parties, est trop dur pour que les eaux puissent l'attaquer, il faut absolument enlever les parties résistantes, ou du moins les briser de manière qu'elles donnent prise aux hautes eaux et que l'affouillement puisse s'effectuer.

Enfin, et c'est ici un point essentiel, les faux-bras doivent être barrés préalablement à toute autre opération.

Les barrages d'îles et de faux-bras relèveront le niveau

(1) Les meilleurs ouvrages défensifs sont les pérés. Des pérés en simples moellons bruts, à joints de hasard, avec un talus assez couché, par exemple, de 2 sur 3, s'ils sont construits avec soin, protégeront efficacement les rives les plus faibles et les plus exposées.

d'étiage en quelques endroits, modifieront la vitesse, et il importe que les eaux, avant l'établissement des passes, aient affecté le régime d'après lequel seront faits les calculs.

VIII.

APPLICATION DES PASSES NAVIGABLES A LA MEUSE BELGE. — RÉSULTATS OBTENUS.

§ 1. — *But des essais.*

Consulté par M. le ministre des travaux publics, le conseil des ponts et chaussées a proposé divers travaux d'essai propres à guider, par leurs résultats, dans le choix d'un système pour l'amélioration de la navigation de la Meuse et l'élévation de son mouillage à 1^m50 au moins sur les hauts-fonds les plus maigres. Par suite de la décision intervenue, les projets en ayant été successivement présentés et accueillis, des passes navigables ont été construites dans différentes conditions de situation et de volume d'eau :

1° A Anseremme, sans autre draguage que celui qu'il était nécessaire de faire dans l'emplacement des jetées pour établir les enrochements à 1^m50 en contre-bas de l'étiage, et sur une faible longueur du bras de gauche de l'île Roualette, à 0^m60 de profondeur;

2° A Tailfer, également sans draguage du lit, mais avec prolongement de la jetée en rivière jusqu'à l'île Très-Douce, de manière à barrer le bras de droite de l'île;

3° Aux Grands-Malades, en draguant à 1^m50 de profondeur;

4° Aux îles de Beez, en barrant les bras de gauche par une jetée, en rectifiant le bras de droite, et en le draguant à 0^m60 en contre-bas de l'étiage sur une très-petite étendue;

5° A Chokier, en portant immédiatement le mouillage à 1^m50, par le draguage à fond de la passe entière;

6° Au Val-Saint-Lambert, en ramenant toutes les eaux

dans le bras de gauche des îles par une jetée d'enrochement, et en assurant à la navigation un tirant d'eau suffisant par un draguage à 0m60 au-dessous de l'étiage ;

7° Enfin à Jupille, en ouvrant un chenal à 1m de profondeur à travers le banc de gravier, le long de la rive gauche, et en restreignant la largeur des eaux d'amont par une jetée d'enrochement.

§ 2. — *Jauges de la Meuse.*

Le volume d'eau étant un des éléments qui servent à déterminer les dimensions d'une passe, il était essentiel de s'assurer du produit de la rivière dans les diverses parties de son cours.

Des jauges ont donné les résultats suivants.

LIEU DE LA JAUGE.	DATE de la JAUGE.	Distance parcourue par le flotteur.	Temps du parcours.	Vitesse du milieu du courant de surface.	Vitesse moyenne.	Air du profil.	Volume d'eau.	HAUTEUR DES EAUX au-dessus de l'étiage.	HAUTEUR DES EAUX au-dessous de l'étiage.	COTES à L'ÉCHELLE où les hauteurs sont prises.	Observations.
Courant de Mouyon, à 22,000m en amont du pont de Jaspe . . .	1855.	mètr. »	»	mètr. »	mètr. »	m. ca. »	m. cu. 36,75	mètr. »	»	mètres. »	*Rapport du* 10 *février* 1858; par M. Leroy.
Aval de Givet	Id.	»	»	»	»	»	37,00	»	»	»	Ce volume d'eau, très-faible par rapport au précédent, a été observé durant plusieurs années. Il n'était, assure-t-on, que de 27 mètres cubes en 1840, par un étiage extraordinaire.
Péribonier, à l'amont du courant.	31 juill et 1840.	80	2′ 12″	0,60	0,47	83,572	39,277	»	0,10	0,21	Échelle du pont de Meuse, à Namur.
Chokier, à l'aval du courant.	7 août 1840.	83	0′ 45″	1,97	1,669	59,168	65,571	»	0,05	05,4	Échelle du pont des Arches, à Liége.
Flémalle-Haute, au droit du confluent du ruisseau du Val-St-Lambert.	6 octobre 1842.	100	1′ 25″	1,176	0,967	67,125	64,91	»	0,10	0,05 au-dessous de zéro.	Échelle de Chokier. Le même jour, à l'échelle du pont des Arches, la cote était de 0m22.
Jemeppe, entre les piles du pont suspendu. .	15 septembre 1842.	90	1′ 14″	1,21	0,995	65,23	64,877	»	0,04	0,35	Échelle du pont des Arches. La vitesse moyenne indiquée pour chacun de ces deux profils, comme pour celui du Péribonier, est évidemment trop faible, et c'est toujours ce qui arrive quand la vitesse du milieu du courant, dont elle se déduit par la formule de Prony, est au-dessous de 1m à 1m25. Il semble même résulter des observations de M. Defontaine que, déduite des formules, cette vitesse moyenne est toujours trop petite.— *Des travaux du Rhin;* par M. Defontaine.
Ibid., à l'aval du pont .	Id.	50	0′ 54″	0,92	0,743	71,70	65,275	»	id.	id.	
Ougrée, à l'aval des hauts-fourneaux de Sclessin	Id.	70	1′ 19″	0,89	0,718	87,33	62,84	»	id.	id.	
Jupille, à l'amont du moulin.	23 juillet 1842.	148	1′ 20″	1,83	1,361	54,35	83,121	»	0,015	0,375	Échelle du pont des Arches. — Le volume d'eau débité par la rivière en ce point vérifie celui de Chokier, le produit de l'Ourthe, à Liége, étant d'environ 25m3 dans les étiages les plus bas.

Toutes ces jauges, si l'on considère l'état des eaux au moment de l'observation, répondent à un débit *minimum* pour chacune des localités où elles ont été faites; elles ont d'ailleurs été vérifiées par l'établissement même des passes qui les ont nécessitées; les résultats ne peuvent donc induire en erreur, et il n'y a pas à craindre, en les prenant pour base des calculs, d'être au-dessus du produit des basses eaux annuelles : on ne peut être qu'au-dessous (1).

Les opérations faites en France, dans l'été de 1842, viennent à l'appui de celles qui ont été faites en Belgique durant la même saison.

Ainsi, à Dom-le-Mesnil, on n'a pas trouvé de différence entre le débit d'étiage en 1842 et celui qui avait été observé en 1840; à Nouzon, 10 kilom. en aval de Charleville, les $19^{m3}12$ observés en 1840 se sont réduits à $16^{m3}85$ en 1842, *plus une petite quantité* inappréciée qui passait à travers les digues. A Fépin, on a reconnu une diminution d'environ 3^{m3}, c'est-à-dire, sensiblement 20^{m3} de débit par seconde (2).

§ 3. — *Passe d'Anseremme.*

Les inconvénients pour la navigation, dans cette partie de la Meuse, provenaient principalement d'un chemin de halage

(1) C'est une opération délicate que le jaugeage d'une rivière : elle exige beaucoup de soin, beaucoup d'attention et des précautions minutieuses. Parmi les précautions à observer, l'une des plus essentielles est le choix de l'emplacement des profils qui doivent servir à calculer le débit, et qu'il faut prendre de manière à éviter les endroits où des remous changent ou divisent le thalweg. Dans les fosses, par exemple, il y a en réalité plusieurs rivières qui se croisent et s'enchevêtrent entre elles; les unes coulent dans un sens, d'autres dans un sens opposé, ou obliquement aux premières; certains courants traversent très-irrégulièrement la masse fluide, et la véritable rivière, celle dont on veut avoir le produit, décrit parfois latéralement des surfaces gauches, pour lesquelles le courant de fond ne correspond nullement au courant de surface, et qu'il est impossible de déterminer. Là, le volume d'eau et le produit sont deux choses toutes différentes, et souvent ce dernier se dérobe à l'observation.

(2) *Renseignement donné par* M. Thirion, ingénieur en chef de la navigation de la Meuse, à Mézières.

M. Leroy, dans son rapport du 10 février 1838, évalue à 35^{m3} le produit

trop bas et trop étroit, d'un tirant d'eau trop faible, à cause de la largeur de la section, des attérissements dans le bras de gauche des îles, et de la nécessité, durant les basses eaux, de monter d'abord entre l'île Roualette et la rive droite, puis entre la rive gauche et l'île St-Jean, et enfin entre l'île St-Jean et l'île Dossia.

L'impossibilité de faire aucune opération de jaugeage en basses eaux, dans l'été de 1841, m'a obligé à fixer par induction le produit de la Meuse à Anseremme, en amont du confluent de la Lesse. Vu le produit à l'aval de Givet, c'était prendre un *minimum* d'étiage que de se baser sur 36^{m3}.

Si, partant de ce volume d'eau, on veut déterminer la longueur d'une passe navigable à établir dans toute l'étendue qu'il s'agit de perfectionner, on trouve, pour des largeurs de 30^{m} et de 25^{m} au plafond, la pente mesurée sur le terrain étant de 0^{m}45, les résultats indiqués dans la dernière colonne du tableau suivant.

Volume d'eau.	Largeur de fond.	Tirant d'eau.	Superficie de la section.	Vitesse moyenne.	Périmètre mouillé.	Rayon moyen.	Valeur de R I.	Pente par mètre	Pente totale mesurée.	Longueur de la passe.
m. cu.	mètr.	mèt.	m. car.	mètr.	mètres.	mètr.		mètres.	mètr.	mètres.
36	30 »	1,50	48,375	0,744	33,4082	1,366	0,0002181	0,00013967	0,45	2818
»	25 »	1,50	40,875	0,880	30,4082	1,344	0,0003044	0,00022648	»	1985

Ainsi la longueur de la passe aurait dû être de 2818^{m} pour une largeur de 30^{m} à 1^{m}50 en contre-bas de l'étiage, et de 1986^{m} pour une largeur de 25^{m}.

Le conseil des ponts et chaussées, qui désirait que les essais restassent dans les mêmes conditions que les passes de la Haute-Meuse, n'eût pas adopté de pareilles dimensions.

moyen du fleuve entre le confluent de la Semoy et la Belgique. Il a fallu des étiages comme ceux de 1840 et de 1842 pour le faire descendre plus bas.

Mais il est visible que la passe navigable ne commence point avec la jetée, qui n'est, en amont, qu'un barrage de faux-bras; et cette jetée, dans l'état actuel de la Meuse, n'a d'autre effet que d'opérer un gonflement, qui, bien évidemment, se soutient au moins jusqu'au-dessous de l'île Roualette, en sorte que la pente de l'amont à l'aval de cette île devait rester sensiblement la même, après comme avant le gonflement. Or, c'est précisément cet intervalle à section constante, c'est la distance de la tête à la queue de l'île Roualette, qui constitue véritablement la passe; c'est donc pour cette seule partie que devait être fait le calcul.

Voici ce qu'il donne.

Volume d'eau	Largeur de fond.	Tirant d'eau.	superficie de la section.	Vitesse moyenne.	Périmètre mouillé.	Rayon moyen.	Valeur de R.	Pente par mètre.	Pente totale mesurée.	Longueur de la passe.
m.c.	mètr.	mèt.	m. car.	mètr.	mètres.	mètr.		mètres.	mètr.	mètres.
36	30 »	1,50	48,375	0,744	33,4082	1,366	0,0002181	0,00013967	0,102	638
»	25 »	1,50	40,875	0,880	30,4082	1,344	0,0003044	0,00022648	»	450

La pente mesurée avant le gonflement était de 0^m102 : en la supposant la même après la construction de la jetée supérieure, la longueur de la passe nécessaire à l'île Roualette était de 638^m, la largeur de plafond étant de 30^m, et, avec une largeur de 25^m, la longueur ne serait que de 450^m.

J'ai mieux aimé restreindre l'étendue de la passe, par cette considération, que, son débouché se faisant dans une fosse, il serait toujours temps de la prolonger davantage.

Du reste, voici les détails d'exécution.

Pour maintenir le halage sur la rive gauche en toute saison, il fallait établir cette passe dans le bras de gauche des îles St-Jean et Roualette : c'est ce qui a été fait. Le draguage a

été effectué à 0m60 en contre-bas de l'étiage annuel, sur une longueur de 223m ; les déblais provenant de cette opération déposés sur la rive gauche, ont servi à l'exhausser jusqu'à 3m50, sur une longueur de 270m ; le couronnement a été porté à 5m de largeur dans cette même étendue, et, à l'amont et à l'aval, il se raccorde avec les parties plus basses que le défaut d'un déblai suffisant n'a pas permis de mettre hauteur.

La jetée nécessaire pour opérer le rétrécissement commence, en partant de la rive droite, à 104m en amont de l'île St. Jean ; interrompue à son point de jonction au chevet de l'île, elle reprend à 208m au-dessous de ce point, jusqu'à la tête de l'île Roualette, le long de laquelle elle se poursuit ou plutôt se termine, par un péré qui défend la rive droite du chenal dans cette dernière partie, et dont la crête s'élève moyennement à 1m20 en contre-haut de l'étiage, sur une longueur de 289m50.

Le développement de la jetée est de 440m, et celui de la passe de 1032m.

Le massif de la jetée est un enrochement sur lequel est établi le couronnement, à 0m20 au-dessus de l'étiage.

Cette passe a été commencée le 9 mai, dans un moment où les eaux étaient à 0m29 au-dessus de l'étiage annuel à l'échelle du pont de Meuse, à Namur. Continuée sans interruption, elle a été ouverte à la navigation le 30 juillet, et entièrement achevée le 30 septembre.

Elle a d'abord excité des plaintes très-vives de la part des bateliers, qui s'attendaient à une profondeur d'eau plus grande que celle qu'ils y trouvaient vers l'aval. En effet, draguée à 0m60, cette partie de la passe n'offrait pas, lors de son ouverture, plus de 0m50 de mouillage ; mais il y avait encore moins sur les hauts-fonds, les eaux étant alors à 0m05 au-dessous de l'étiage annuel. La jetée n'étant point étanche à cette époque, et ne pouvant l'être qu'à la suite des hautes eaux, le niveau dans le chenal, à cause des filtrations,

était à peu près le même que dans la partie de droite qui venait d'être abandonnée (1).

Depuis lors les choses se sont améliorées sensiblement, et, au milieu du mois de septembre dernier, la jetée, sans être étanche, ne laissait plus passer la même quantité d'eau; le mouillage *minimum*, dans le chemin des bateaux, était de 0^m64 pour un seul profil; pour les autres, la profondeur variait de 0^m66 à 1^m12, quoique le niveau de surface fût à 0^m07 au-dessous de l'étiage annuel, et la vitesse était, pour les différents points du chenal, savoir :

DÉSIGNATION DU POINT DE LA PASSE.	VITESSE au milieu du courant de surface.	VITESSE moyenne.	Observations.
	mètres.	mètres.	
A l'amont de l'île St Jean.	0,20	0,153	Avant la construction de la jetée, la vitesse moyenne, en amont de la passe, était de 0^m45; elle était de 1^m10 entre l'île St Jean et l'île Dossia.
Entre la jetée et l'île Dossia.	0,84	0,675	
A l'amont de la passe proprement dite.	0,52	0,409	
Au milieu de la passe.	0,83	0,458	
A la fin de la passe.	0,66	0,524	

L'approfondissement qui s'est opéré par le seul effet des eaux d'étiage, dont le courant sans vitesse et sans force n'a pas 0^m0002 de pente, est rendu sensible par la comparaison

(1) Les eaux de la Meuse, quelle qu'en soit la cause, sont beaucoup plus limpides à l'amont de Dinant que vers Namur et au-dessous; la nature des rives offre quelque différence, et peut-être aussi les nombreux lavoirs de minerais qui bordent le fleuve depuis Rouillon, contribuent-ils à troubler la transparence qu'on remarque dans les parties supérieures; mais de cette limpidité résulte, au-dessus de Dinant, qu'une jetée ne peut devenir étanche qu'à la longue et par suite des crues.

des profils à la même époque avec ceux qui avaient été pris au moment de l'ouverture.

DÉSIGNATION DES PROFILS.	PROFONDEUR MAXIMUM. Juillet.	PROFONDEUR MAXIMUM. Septembre.	PROFONDEUR MINIMUM. Juillet.	PROFONDEUR MINIMUM. Septembre.	Observations.
	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	
A l'origine de la jetée. . .	1,59	2,00	1,50	1,81	Le 30 juillet, les eaux étaient à 0m03 au-dessous de l'étiage ; elles étaient de 0m02 moins élevées le 15 septembre. Dans les quatre colonnes ci-contre, la profondeur est ramenée au même étiage, c'est-à-dire que le niveau de surface est supposé à 0m07 au-dessous de l'étiage annuel, indiqué par la cote 0m31 à l'échelle de Namur.
Raccordement de la jetée à l'amont de l'île St Jean. .	0,71	0,93	0,31	0,78	
Raccordement de la jetée à l'aval de l'île St Jean. .	0,90	1,21	0,36	0,78	
Amont de la passe proprement dite.	0,62	1,28	0,41	0,64	
Au milieu de la passe. . . .	0,50	0,90	0,30	0,64	
Aval de la passe.	0,70	1,12	0,16	0,73	

Ce qui reste à faire sera l'ouvrage des hautes eaux et ne pourra être constaté qu'après l'hiver (1). De nouveaux profils feront alors apprécier les variations successives et le changement final du thalweg.

§ 4. — *Passe de Tailfer.*

Au droit de Tailfer, le lit de la Meuse, à l'étiage, a 80m de large et une profondeur moyenne d'environ 1m ; elle s'élargit

(1) Il est difficile d'observer l'effet des hautes eaux et ceux du roulement qu'elles occasionnent ; la rivière est alors peu abordable, et ce n'est guère qu'après les crues, lorsque les eaux sont rentrées dans leur lit, qu'il est possible d'étudier, par leurs résultats, les phénomènes qu'elles produisent ou qui les accompagnent. Il est, par exemple, assez singulier que les barres de gravier ne soient jamais détruites ; mais il ne l'est peut-être pas moins que leur exhaussement ne soit pas plus rapide, et qu'en général il reste à peu près le même durant de longues années. Les variations que subissent les hauts-fonds pendant les crues, affouillements ou exhaussements, disparaissent peu à peu dans les décrues, et il en reste à peine quelques traces au niveau d'étiage.

graduellement jusqu'à l'île Très-Douce, sur une longueur de 700^{m}, et sa largeur est de 130^{m} lorsqu'elle se bifurque en amont de l'île. L'un des deux bras, celui de droite, n'est suivi par la navigation qu'en descente et dans les grosses eaux seulement : il a pour largeur moyenne, comme le lit entier à Tailfer, à peu près 80^{m}, et sa profondeur est insuffisante à l'étiage ; l'autre, celui de gauche, qui n'a que 25 à 30^{m} de large, est, à cette époque, le seul chemin des bateaux, à la descente comme à la remonte.

Le but des travaux en cette localité était :

1° D'opérer un rétrécissement propre à augmenter le tirant d'eau d'étiage ;

2° D'apprécier l'effet des hautes eaux sur le fond de la rivière, lorsque, resserrée dans certaines limites, la passe est dans leur direction ;

3° De reconnaître si la longueur de la passe, quand sa direction est convenablement établie et que sa section est en rapport avec le débit de la rivière, présente des inconvénients pour la navigation ;

4° Et enfin de s'assurer de l'économie avec laquelle les améliorations au cours de la Meuse pourraient être opérées, si, dans les parties qui ne requièrent point un approfondissement immédiat, ou qui ne demandent qu'une augmentation actuelle de quelques centimètres dans le mouillage, on abandonnait aux crues du fleuve le travail d'un approfondissement ultérieur.

Il s'agissait donc de calculer les dimensions de la passe dans l'hypothèse d'un débit de 40^{ms} par seconde (§ 2).

Volume d'eau.	Largeur de fond.	Tirant d'eau.	Superficie de la section.	Vitesse moyenne.	Périmètre mouillé.	Rayon moyen.	Valeur de Ri.	Pente par mètre.	Pente totale mesurée.	Longueur de la passe.
m.cu.	mèt.	mèt.	m. car.	mètr.	mètres.	mètr.		mètres.	mètr.	mètres.
40	55	1,50	55,875	0,718	40,4082	1,382	0,0002125	0,0001350	0,20	1507.40

Avec une largeur de 35m au plafond, ou de 39m50 à la ligne d'eau, et un mouillage de 1m50, la passe devrait avoir 1307m de longueur. Dans l'exécution, elle a 40m de largeur à la surface d'étiage, depuis Tailfer jusqu'à l'île Très-Douce, sur 650m de développement; réunie ainsi avec le bras de gauche de l'île, qui, sur une longueur de 556m, n'a guère que 30m de largeur moyenne, elle a en tout 1206m. La différence de 100m en moins avec la formule est certainement plus que compensée par le rétrécissement de la passe, 30m au lieu de 40, sur une étendue de 556m.

A la hauteur d'eau qui variait dans le chenal de 0m30 à 0m80, et qui était déjà de 1m20 dans le bras de gauche, s'est ajouté le gonflement que le resserrement devait produire.

La jetée de Tailfer, commencée le 2 octobre 1841, ouverte à la fin de mai et entièrement achevée le 16 octobre 1842, a 650m de développement; elle est établie sur le fond même de la rivière et s'élève à 0m50 au-dessus de l'étiage dans la partie d'amont, qui forme avec la rive droite un raccordement obligé; elle s'abaisse de manière à n'être plus, à 125m plus bas, qu'à 0m20 au-dessus du même niveau, dans toute sa longueur.

Le corps de la jetée, les talus, le couronnement, sont conformes aux indications précédentes (VII), et leur solidité semble assurée par l'épreuve d'un hiver sur des ouvrages qui n'étaient encore que très-imparfaits à la fin de 1841.

Un attérissement qu'avait formé l'éboulement de la berge, détériorée par les glaces dans l'hiver de 1838, a été déblayé à 0m60 au-dessous des basses eaux; du reste, aucun autre draguage n'a été fait : les affouillements des hautes eaux doivent mettre la passe à profondeur, et c'est à leur action que le travail est abandonné.

Sur une largeur de 40m à la surface d'étiage, il devait, par l'effet du rétrécissement, y avoir un gonflement notable; la jetée n'étant point étanche, ce gonflement n'a point dépassé

0m15 durant les basses eaux de l'été : il a d'ailleurs été diminué par l'approfondissement qui s'est opéré dans cette même période. Les profils pris au moment de l'achèvement du massif de la jetée et au mois de septembre, donnent la mesure de cet approfondissement.

DÉSIGNATION DES PROFILS.	PROFONDEUR MAXIMUM. Mai.	PROFONDEUR MAXIMUM. Septembre.	PROFONDEUR MINIMUM. Mai.	PROFONDEUR MINIMUM. Septembre.	Observations.
	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	
A l'amont de la passe . .	1,12	1,07	0,92	0,97	Les sondes ont été rapportées à la cote 0m31 de l'échelle du pont de Meuse, à Namur. Ces profils sont encore loin d'être fixés : ils éprouvent de perpétuels changements.
A 100m en aval.	0,72	1,07	0,50	1,07	
A 100 id.	0,72	1,17	0,60	1,02	
A 200 id.	0,92	1,32	0,80	1,22	
A 100 id.	1,02	1,27	0,92	1,22	

La vitesse, qui était de 1m80 sur le haut-fond de Tailfer, s'est répartie sur toute la passe, et les dernières observations prouvent qu'elle a diminué sur les points où elle avait auparavant le plus de force.

DÉSIGNATION DU POINT DE LA PASSE.	VITESSE au milieu du courant de surface.	VITESSE moyenne.	Observations.
	mètres.	mètres.	
Amont de la passe.	1,00	0,811	Lorsque ces vitesses ont été prises, les eaux étaient à 0m78 au-dessus du zéro de l'échelle du pont de Meuse, à Namur.
400m en aval.	0,70	0,558	
300 id.	1,20	0,984	
100 id.	0,70	0,558	
100 id.	0,70	0,558	

Il ressort donc de ces tableaux qu'il y a eu un approfondissement dont le *maximum* est de 0m65, et que la vitesse s'est sensiblement ralentie.

Ce ralentissement de vitesse pourrait faire supposer une diminution correspondante de l'action des eaux sur le fond; mais il est visible qu'il faut de deux choses l'une : ou que, la jetée retenant toutes les eaux, il y ait un surcroît de gonflement, qui, en accélérant la vitesse, favorise de nouveaux affouillements; ou que, les affouillements continuant à s'opérer par le cours naturel des eaux, il y ait, vers l'amont, une partie des eaux supérieures qui reçoivent une accélération de vitesse, dont l'effet sera d'augmenter l'action des eaux, action qui a d'ailleurs un terme dans l'affouillement même; car, à mesure qu'il se poursuit, la vitesse diminue, et elle finit par être impuissante sur le fond.

Il ne faut pas, d'ailleurs, perdre de vue que le principal travail d'approfondissement est le fait des crues de l'hiver et des hautes eaux.

Dans l'état où elle se présente actuellement, la passe de Tailfer est une amélioration en partie par affouillement, en partie par gonflement : par le premier effet, le mouillage est augmenté dans la passe même ; par le second, il s'est accru dans la passe et en amont jusqu'à l'île de Chaupenet.

§ 5. — *Passe des Grands-Malades.*

A l'aval de Namur, et depuis le Pont de Meuse jusqu'à l'île d'Anhaive, la rivière coule avec une vitesse moyenne d'environ 1m50 dans les basses eaux. Durant les quatre mois d'étiage, le bras de droite de l'île est à peu près à sec; aussi le halage, qui se fait sur la rive droite dans les hautes eaux, est-il sur l'île dans les eaux basses et moyennes. Dans ce court trajet, la navigation éprouve de nombreuses difficultés, dues au défaut d'un halage fixe et aux attérissements du thalweg, provoqués eux-mêmes par plusieurs causes. Les mauvaises

dispositions prises pour la rive gauche en amont de la Sambre, et le gravier qu'accumule cette rivière à son confluent, sont des causes de désordre dans le régime de la Meuse. Un rétrécissement du lit d'étiage remédierait aux attérissements qui s'étendent sur une grande largeur au-dessous du pont, et, prolongé jusqu'au confluent de la Sambre, il s'opposerait peut-être à un amoncellement périodique de gravier qui exige de fréquents curages. Une partie de ce gravier paraît être déplacée à chaque crue et emportée jusqu'aux Grands-Malades, où un haut-fond, qui date de loin et qu'on a plusieurs fois vainement essayé de détruire, s'étend sur une longueur d'environ 300^{m}, en ne laissant aux bateaux qu'un chemin étroit, où ils ont à peine 0^{m}60 à 0^{m}50, et même 0^{m}45 de mouillage.

Tel est l'endroit qu'il fallait améliorer par un essai de passe navigable. On avait eu précédemment l'idée de creuser un chenal dans le haut-fond à l'aval de l'île, sur une longueur de 140^{m}, une largeur de 10^{m}, à 1^{m} en contre-bas de l'étiage, et on se proposait d'employer à cette opération le bateau dragueur de la Sambre. Émise et abandonnée en 1834, cette idée a été reprise en 1837 et abandonnée de nouveau. Elle n'a été suivie d'aucune exécution, et le draguage effectué depuis par la société des bateaux à vapeur de la Meuse n'a pas eu de durée.

Dans l'impossibilité de trouver avec précision le produit d'étiage en ce point, ne connaissant pas alors celui de la Sambre à son confluent, mais sachant que le volume d'eau à Chokier était de 65$^{m^3}$ dans l'étiage de 1840, et que les deux affluents les plus considérables depuis Namur jusqu'à Liége, la Méhaigne et le Hoyoux, ne donnent guère que 1$^{m^3}$25 chacun, il m'a semblé que l'on pouvait, sans erreur sensible, admettre qu'à l'aval de Namur le produit *minimun* est de 62$^{m^3}$.

Appliquant les formules à ce volume d'eau, en supposant successivement 30^{m} et 25^{m} de largeur au plafond, le mouillage étant de 1^{m}50, et les talus de 3^{m} de base pour 2 de

hauteur, on en conclut la longueur de la passe pour chacune de ces deux hypothèses.

Volume d'eau.	Largeur de fond.	Tirant d'eau.	Superficie de la section.	Vitesse moyenne.	Périmètre mouillé.	Rayon moyen.	Valeur de RI.	Pente par mètre.	pente totale mesurée.	Longueur de la passe.
m.cu	mèt.	mèt.	m. car.	mètr	mètres.	mètr.		mètres.	mètr.	mètres.
62	30	1,50	48,375	1,281	33,4082	1,366	0,0006300	0,0004612	0,943	2044,66
»	25	1,50	40,875	1,316	30,4082	1,344	0,0008814	0,0006538	0,943	1437,93

La section ayant 30^{m} de largeur au fond, la longueur de la passe eût été de 2044^{m}66. Je me suis abstenu de proposer une aussi grande longueur, d'après les observations qui m'avaient été faites sur le projet du Val-St-Lambert. Ce n'est pas que je regarde les attérissements comme plus à craindre dans une passe de 2000^{m} que dans une de 1000 à 1200^{m}: l'étendue est une considération secondaire, et tout dépend, je crois, de la direction. Il ne peut résulter de la longueur aucune gêne pour la navigation en remonte, la vitesse diminuant à mesure que cette dimension de la passe augmente; mais le conseil des ponts et chaussées ayant jugé qu'il était convenable de ne pas trop s'éloigner des limites dans lesquelles ont eu lieu les essais sur la Haute-Meuse, il ne m'était plus permis de m'en écarter. J'ai donc restreint la largeur de la section à 25^{m}, et j'ai même réduit la longueur à 1312^{m}25, ou à 125^{m}68 de moins que ne lui assigne la formule. En cela, j'ai été déterminé par l'état de la rivière. La partie d'aval de la passe débouche dans une fosse profonde et s'y étend sur près de 300^{m}, en la diminuant de moins d'un onzième, il ne m'a pas semblé qu'il y eût à redouter un abaissement des eaux en amont; si cependant cette espérance était trompée, rien ne serait plus facile que de prolonger la jetée, puisque, pour effectuer ce prolongement, il n'y aurait aucun draguage à faire.

Le travail des Grands-Malades a été commencé le 18 avril 1842 et complétement terminé à la fin du mois d'octobre.

Le haut-fond, sur lequel les bateaux n'avaient que 0m45 de mouillage dans les basses eaux, et qui, cette année, ne leur aurait pas donné 0m40, a disparu dans toute la largeur de la passe, draguée à 1m50 de profondeur. La jetée a 1512m, et, sur la plus grande partie de l'étendue qu'elle comprend, elle a été construite à la main, sur le fond même de la rivière, les batardeaux établis pour les draguages ayant permis d'user de ce mode de construction. Nulle part le couronnement n'a pu être exécuté de manière à offrir plus de garantie de stabilité.

Les draguages ont été très-péniblement effectués, à cause des difficultés sérieuses que présentaient les épuisements. Quoique le fond m'ait paru assez résistant pour qu'on pût y établir la base de la jetée, il n'en est pas moins perméable, et les eaux latérales et supérieures entraient dans les batardeaux comme à travers un crible : il semblait que ce fussent des sources jaillissantes. Aussi 22 vis d'archimède de 0m45 de diamètre, et 3 pompes de la force de 2 chevaux, jour et nuit en activité, n'ont-elles pu maîtriser les eaux. Sans la sécheresse et les chaleurs continues de la saison, qui ont fait que les dragueurs ont pu être employés dans l'eau même et souvent jusqu'à la ceinture, le travail aurait été impossible en une seule campagne. Les batardeaux partageaient le lit de la rivière en deux, pour qu'un libre passage restât à la navigation, en sorte qu'ils étaient exposés à l'action répétée du clapotage des bateaux à vapeur, au choc des bateaux ordinaires, aux affouillements d'un courant resserré, forces également destructives, qui s'ajoutaient à la charge d'eau que ces mêmes batardeaux devaient soutenir.

De là plusieurs ruptures et de coûteux retards.

La dernière rupture, qui semblait devoir être la plus funeste, n'a pas eu cependant les fâcheux résultats qu'elle pouvait faire craindre.

Au moment où l'on se disposait à ouvrir la passe, qui devait être livrée à la navigation le mercredi 7 septembre, les eaux

ont enlevé les batardeaux d'amont, fatigués par des chocs presque continuels et une résistance de plusieurs mois; le 5, elles ont fait irruption dans le chenal, où elles se sont impétueusement précipitées. Une baisse immédiate de 0m60 a eu lieu dans les eaux d'amont; mais, surprenante au premier abord, elle s'explique naturellement : les batardeaux provoquaient un gonflement qui devait disparaître par l'ouverture de la passe, et à cette cause de baisse se joignait la dépression considérable qui résultait du défaut de fermeture de la jetée, encore ouverte dans sa partie supérieure et en trois autres endroits. Néanmoins l'abaissement des eaux à l'échelle du pont de Meuse n'a pas été sensible, et la cote est restée comme la veille à 0m12 au-dessus du zéro. Une vérification faite aussitôt par un nivellement sur le repère du débordement de 1725 et sur l'échelle du pont, a constaté que les eaux n'étaient dans le chenal que de 0m17 au-dessous de leur niveau, alors à 0m19 en contre-bas de l'étiage annuel; il ne devait donc y avoir dans la passe que 1m14, et c'est, malgré les attérissements inévitables dans la rupture des batardeaux, le mouillage qui se trouvait presque partout.

Quelques jours ont suffi, du reste, pour remédier au désordre causé par cet accident.

L'abaissement subit des eaux a fait apparaître un haut-fond dont l'existence en amont de la passe n'était pas signalée par le nivellement sur lequel ont été établis les calculs. Ce nivellement avait été fait dans l'été de 1841, saison constamment pluvieuse, et les eaux étaient alors à 1m60 au-dessus de l'étiage; quoique des profils en travers assez rapprochés aient été pris, ce haut-fond, que n'indiquait aucun mouvement extraordinaire dans le courant de surface, alors assez uniforme, a échappé entre deux profils. Un draguage immédiat sur 25m de largeur, dans la partie la plus étroite du seuil, et l'enlèvement des pierres qui consolidaient le gravier, ont assuré à la navigation 1m40, dans un endroit où, par suite de l'ouverture de la passe, il n'y avait plus de profondeur.

Le creusement ultérieur sera l'effet des eaux, l'approfondissement, selon l'observation de Fabre, s'étendant beaucoup plus en amont qu'en aval des rétrécissements.

Un obstacle assez grave s'est présenté vers l'aval de l'île d'Anhaive : un sable boulant reparaissait dans la tranchée plus promptement qu'il ne pouvait être enlevé, en sorte qu'il a fallu arrêter les draguages et les cesser en cet endroit, le seul où ils n'aient pas été complétement effectués. Pour la passe même, ce n'était qu'un léger inconvénient ; car il était évident que l'approfondissement s'opérerait, pour ainsi dire, de lui-même, et que les eaux seules mettraient aisément le chenal à fond dans une partie aussi mobile ; mais il en était autrement pour la jetée, qu'il fallait établir sur un gravier sans consistance, dans un espace de 20^{m} environ. J'ai hésité d'abord sur la nature du travail à faire ; toutefois, par la considération d'un rechargement facile, et après un sondage qui indiquait la limite des boulants à une faible profondeur, j'ai fait faire un simple enrochement de très-forts moellons, des talus un peu plus allongés, et le massif ainsi que le couronnement ont été continués comme sur les autres points. Aucun affouillement ne s'est encore manifesté, et rien n'a bougé jusqu'ici.

La vitesse dans la passe des Grands-Malades a été mesurée à divers intervalles, depuis l'amont de la jetée jusqu'à la fosse qui commence à la Tête-du-Pré.

Le tableau suivant donne le résultat des observations.

DÉSIGNATION DU POINT DE LA PASSE.	VITESSE		Observations.
	au milieu du courant de surface.	moyenne.	
	mètres.	mètres.	
A l'amont de la jetée	0,45	0, 35	Ces mesures ont été prises au niveau d'étiage.
200^{m} plus bas	0,30	0, 39	
A l'aval du ponceau	0,90	0,726	La vitesse s'est ralentie vers ce point, à mesure que les vides de la jetée se sont remplis.
200^{m} plus bas	1,30	0,248	
Origine de l'entonnoir d'aval. . . .	1,20	0, 98	Ce courant peu rapide se prolonge en s'affaiblissant jusqu'à 100^{m} à l'aval de la jetée.
Aval de la passe	0,90	0,725	

Le relevé des profils, au moment de l'ouverture de la passe et dans les premiers jours de novembre, montre l'effet des eaux sur le fond.

DÉSIGNATION DES PROFILS.	PROFONDEUR MAXIMUM. Septembre.	PROFONDEUR MAXIMUM. Novembre.	PROFONDEUR MINIMUM. Septembre.	PROFONDEUR MINIMUM. Novembre.	Observations.
	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	
A l'amont de la passe . . .	1,80	1,95	1,80	1,55	Les cotes ci-contre sont rapportées au niveau d'étiage. Comme à Tailfer, chaque profil change ici de jour à autre, et ces modifications deviennent de moins en moins brusques, à mesure que la courbure, en se régularisant, se rapproche plus de la chaînette.
100m à l'aval.	1,80	1,45	1,80	1,55	
100 id.	1,80	1,55	1,80	1,25	
100 id.	1,80	1,45	1,80	1,35	
200 id.	1,80	1,65	1,80	1,65	
Aval de la passe	1,80	1,65	1,80	1,65	

§ 6. — *Passe des îles de Beez.*

Aux îles de Beez, il s'agissait de ramener le volume entier des eaux d'étiage dans le bras de droite, par un barrage submersible en tête des premières îles, et de régulariser ce bras par un draguage à 0m60 en contre-bas des mêmes eaux.

La jetée n'a que 235m de longueur. Ses dimensions sont celles des jetées de Tailfer et des Grands-Malades.

Cette passe, dans son état actuel, n'est qu'une tête de passe à perfectionner par l'enrochement de la rive droite de l'île, et à prolonger vers l'aval jusqu'à la fosse de Marche-les-Dames, afin que, de Namur à Samson, le mouillage *minimum* soit de 1m50.

L'approfondissement n'a été porté qu'à 0m60.

Dès l'ouverture de la passe, le 30 juillet dernier, il y a eu, au moment où les batardeaux ont été enlevés, un creusement très-sensible vers l'amont; mais la fosse d'aval a été presque comblée, et la hauteur d'eau n'y était plus que

de 0m70. Il a suffi de la mise en course de la Sambre, le 1er août, pour produire une accélération de vitesse qui a déblayé les attérissements, et aujourd'hui la fosse est entièrement dégagée; elle a repris sa profondeur, sans que l'approfondissement de la passe se soit arrêté.

Voici le résultat des dernières observations.

DÉSIGNATION DES PROFILS.	PROFONDEUR MAXIMUM. Juillet.	PROFONDEUR MAXIMUM. Novembre.	PROFONDEUR MINIMUM. Juillet.	PROFONDEUR MINIMUM. Novembre.	Observations.
	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	Ces cotes se rapportent à l'étiage. Jusqu'à ces derniers temps, de grandes variations ont été observées chaque semaine dans les divers profils.
A 350m à l'aval de la tête de la jetée	0,60	1,35	0,60	0,60	
A 50m en aval	0,60	1,15	0,60	0,60	
A 80m id.	0,60	1,25	0,60	0,60	
A 50m id.	0,60	1,15	0,60	0,75	
A 120m id.	0,60	1,25	0,60	0,95	

La vitesse est encore forte vers l'aval; mais il ne pouvait en être autrement, le rétrécissement n'ayant que 740m de longueur. Elle ne sera ramenée à celle des autres passes que par un prolongement convenable, et d'ailleurs très-facile, puisqu'il ne demande aucun draguage.

Les observations de vitesse sont consignées au tableau suivant.

DÉSIGNATION DU POINT DE LA PASSE.	VITESSE au milieu du courant de surface.	VITESSE moyenne.	Observations.
	mètres.	mètres.	
A l'amont de la passe	0,50	0,393	Les eaux débordaient la jetée lorsque ces mesures ont été prises.
Milieu de la passe	0,90	0,726	
Vers l'aval de la passe	1,60	1,337	

§ 7. — *Passe de Chokier.*

Depuis les Awirs jusque vers l'aval du village de Chokier, la Meuse suit une courbe peu sensible, se rapprochant assez de la ligne droite, avec une vitesse de 0^m30 à 0^m40. Arrivée à l'île du Trou-du-Moulin, elle se jette brusquement sur la gauche par un courant rapide.

Plus bas, est le courant du Val-St-Lambert.

La passe de Chokier est destinée à faire disparaître ces deux courants presque contigus, et le gué en amont du premier, sur lequel il n'y avait pas 0^m50 de mouillage en basses eaux.

Avant l'exécution des travaux, les eaux d'étiage étaient partagées en deux par le gravier de la tête de l'île du Trou-du-Moulin; celles qui se dirigeaient par le bras de droite n'y trouvaient plus d'issue vers l'aval, à cause du haut-fond qui ferme ce bras à l'étiage et y empêche tout écoulement; ainsi retenues, elles éprouvaient un exhaussement visible dans l'espèce de poche formée par le haut-fond, la rive droite et le gravier de l'île; il en résultait un remous considérable, et les eaux, revenant sur elles-mêmes d'aval en amont, se jetaient dans le bras de gauche par le travers du courant, avec une chute de 0^m15 à 0^m20, et même de 0^m30 à 0^m40 — lors des plus bas étiages, de manière que la vitesse du courant augmentait avec la baisse des eaux. Cet accroissement de vitesse était d'autant plus dangereux, que le courant devenait de plus en plus oblique à la rive, et qu'il poussait les bateaux avalants dans le coude du bras de gauche, tandis que les bateaux montants, halés par leur travers et presque perpendiculairement à leur axe longitudinal, ne sortaient qu'avec peine, et à force de chevaux, de cette position difficile (Pl. V).

Sur un développement de 2300^m, cette passe présente le double essai de parties draguées à profondeur et d'une partie où les draguages n'ont été poussés qu'à 0^m60 au-dessous de l'étiage.

Les enrochements de la rive gauche ont été exécutés en 1840, 1841 et 1842; en 1843, une partie aura donc subi l'épreuve de trois hivers.

Les moellons bruts dont se compose la jetée sont, en général, de dimensions plus fortes que celles qui étaient prescrites par le devis; plus des trois quarts ont un dixième de mètre cube, et il y en a beaucoup qui cubent deux et trois dixièmes.

Le couronnement, élevé à 0^m20 en contre-haut de l'étiage de 1840, sur une largeur uniforme et constante de 1^m, sauf à l'amont de la passe, est formé de moellons bruts, comme le corps de la jetée. Leurs dimensions varient également; ils sont plus volumineux encore que ceux du massif, et leur construction les en distingue, non-seulement parce qu'elle est plus soignée, mais parce qu'elle est toute différente : posés de champ et serrés avec force les uns contre les autres, ils offrent peu de prise à l'eau et garantissent la solidité de tout l'ouvrage, dont les talus intérieurs et extérieurs sont invariablement de 2 sur 3 pour toutes les passes.

Le péré, qui devait être en moellons dégrossis, a aussi été fait en moellons bruts; leurs dimensions sont pareillement plus fortes qu'elles n'avaient été prescrites d'abord, et, à une plus grande épaisseur, répond généralement une queue de 0^m60 et 0^m70.

Deux rampes à l'inclinaison d'un douzième ont été construites, l'une à l'amont, l'autre à l'aval du mur de soutènement de la route de Liége à Namur. Le talus extérieur de la première est le prolongement du péré; celui de la seconde, qui doit recevoir le flot des hautes eaux et lui résister, est revêtu en moellons bruts de la même dimension que ceux du péré.

Le haut-fond du bras de droite a nécessité une modification au profil de la jetée, en ce qui concerne l'élévation du couronnement en amont de l'île.

Lorsque le débordement de cette partie de la jetée avait lieu sur une longueur de 303 mètres, le débouché n'était pas

encore suffisant par le bras de droite, et, en tête du gravier à partir de la partie guéable, il se faisait un déversement de l'extérieur à l'intérieur de la passe.

Pour obvier à un inconvénient dont les suites pouvaient être si graves, j'ai augmenté le relief du couronnement dans sa partie d'amont, qui a été portée à 0^m60 en son point de raccordement avec la rive droite; puis il s'abaisse graduellement jusqu'à 0^m20; mais cela n'ayant pas suffi, il se relève de nouveau à 100^m plus loin, sur une longueur de 50^m, pour se terminer, au chevet de l'île, à 1^m10 au-dessus du niveau des basses eaux. De cette manière, dans les premières crues, sur la partie du couronnement élevée à 0^m20, passe une tranche d'eau qui trouve à s'écouler par le bras abandonné, et, quand les eaux montent davantage, le débouché s'agrandit à la fois sur la jetée et sur le haut-fond: il n'y a plus alors aucune cause de remous, et s'il se fait encore un déversement, ses effets ne causent aucune gêne à la navigation et ne provoquent ni affouillement ni attérissement.

En amont des travaux et sur la rive gauche, une échelle a été placée, dont le zéro marque l'étiage de 1840 et se trouve à 0^m34 au-dessus du zéro de l'échelle du pont des Arches.

Voici quelques observations faites durant l'été dernier à cette échelle et relatives à l'ancien courant.

DATE de L'OBSERVATION.	HAUTEUR DES EAUX A L'ÉCHELLE DE CHOKIER, au-dessus du zéro.	HAUTEUR DES EAUX A L'ÉCHELLE DE CHOKIER, au-dessous du zéro.	HAUTEUR DES EAUX du pont des Arches	VITESSE au milieu du courant de surface	VITESSE moyenne.	Observations.
	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	
2 Juin 1842.	0,345	»	0,60	2,50	2,154	Dans les très-basses eaux, la vitesse du courant était d'environ 3m ; elle diminuait à mesure que le niveau s'élevait, jusqu'à se réduire à 1m ou 1m10 dans les eaux moyennes.
9 Juin.	0,27	»	0,525	2,10	1,787	La jetée n'était pas encore commencée à l'aval du courant, et les batardeaux établis dans le courant même, pour le draguage de la pointe de gravier en amont de de l'île, produisaient un gonflement de 0m10.
20 Juin.	0,19	»	0,42	2,15	1,833	
7 Juillet.	0,15	»	0,38	2,25	1,933	
31 Juillet.	0,025	»	0,31	2,00	1,695	
3 Août	0,34	»	0,64	2,00	1,696	Cette crue de plus de 0m50 est due à des pluies tombées le 29 et 30 juillet, et surtout à la mise en course de la Sambre, dont on a commencé à lâcher les eaux le 1er août. — A Jupille, l'élévation des eaux par la même cause a été d'environ 0m08.
17 Septembre . .	»	0,08	0,31	2,00	1,695	Ce même jour, à l'ouverture de la passe, l'enlèvement des batardeaux a fait descendre les eaux à 0m15 au-dessous du zéro de l'échelle de Chokier ; elles sont encore descendues de 0m05 le lendemain.
18 Septembre . .	»	0,16	0,27	1,50	1,257	
25 Septembre . .	»	0,13	0,22	1,50	1,257	Si la diminution de vitesse a continué avec la baisse des eaux, la première cause en est dans la surélévation du plafond de la passe du Val-St-Lambert, lequel était, au moment de l'ouverture, à 0m90 en contre-haut de ce qu'aurait demandé le libre écoulement.
7 Octobre. . . .	»	0,05	0,24	1,50	1,071	

A ce tableau, je joins celui des vitesses mesurées le 11 octobre en diverses parties du chenal.

LIEU DE L'OBSERVATION.	DISTANCE parcourue par le flotteur.	TEMPS du parcours.	VITESSE au milieu du courant de surface.	VITESSE moyenne.	Observations.
	mètres.		mètres.	mètres.	
Amont du chenal	40	1'25"	0,465	0,360	La partie de la dig[illegible]e submersible compri[illegible]se entre la tête de l'île [illegible]du Trou-du-Moulin et [illegible]le Chaffour, sur une lo[illegible]n-gueur de 450m, n'ét[illegible]ait pas encore construi[illegible]te, et le prolongemen[illegible]à l'aval des îles d'Yv[illegible]z, sur environ 200[illegible]m, était pareillement [illegible]n-core à faire. La cote à l'éche[illegible]le du pont des Arc[illegible]s étant ce même jo[illegible]r 0m20, les eaux se tr[illegible]u-vaient à 0m15 au-de[illegible]s-sous de l'étiage an-nuel.
Entrée du chenal	40	0'49"	0,816	0,650	
Au droit de l'ancien coude.	40	0'30"	1,330	1,098	
Au Chaffour.	40	1'24"	0,476	0,368	
Le long de la prairie d'aval.	40	0'34"	0,740	0,591	
En tête de l'île d'Yvoz. . .	40	0'32"	1,250	1,028	
Abordage de la houillère Balda-Lalord	40	0'38"	1,142	0,952	
A 100m en aval du même abordage	40	0'33"	1,212	0,993	
Aval de la passe.	50	0'28"	1,785	1,498	

Ici, comme à Tailfer, la vitesse observée et l'aire de la section ne sont donc plus en rapport avec le produit de la rivière et semblent contredire les formules. Cela provient, d'une part, des infiltrations à travers la jetée, qui peuvent être évaluées à 12 ou 15^{m3}, et, d'autre part, du gonflement d'aval, qui relève le plan d'eau de 0^{m}15 à 0^{m}20; mais les infiltrations auront un terme, le gonflement d'aval s'abaissera par le creusement du bras des îles, et alors il y aura un gonflement en amont, par conséquent aussi une accélération de vitesse, et par suite un affouillement, qui s'arrêtera lorsque cette vitesse diminuant peu à peu n'aura plus assez de force pour attaquer le fond. Il est néanmoins très-vaisemblable que le *maximum* de la vitesse finale d'étiage n'ira pas au delà de 1^{m}20, et que l'approfondissement du thalweg dépassera 1^{m}50.

Cette diminution de vitesse tient encore en partie à ce qu'il y a, en outre de plusieurs sinuosités très-légères, cinq

courbes consécutives, les unes dans le même sens, les autres en sens inverse.

Quoique ces courbes soient peu sensibles et qu'elles aient été fort adoucies dans l'exécution, leur influence pour un ralentissement de vitesse est évidente. Quelque faibles que paraissent ces résistances, quoiqu'elles soient difficilement appréciables par le calcul (1), elles ont certainement dans la pratique plus d'efficacité que ne leur en donne la théorie.

Une des causes de la diminution de vitesse est temporaire et accidentelle. Elle vient d'être indiquée : en ne draguant le bras de gauche des îles qu'à 0^m60, on a provoqué en ce point un gonflement qui se fait ressentir dans toute la partie supérieure de la passe, et qui persistera, en s'affaiblissant de plus en plus, jusqu'à ce que, par des affouillements graduels, le plafond soit descendu à 1^m50 au *minimum* au-dessous du niveau d'étiage. Déjà cet effet a commencé à se produire, comme l'attestent les profils pris à deux époques différentes et peu éloignées.

DÉSIGNATION DU POINT DE LA PASSE.	PROFONDEUR MAXIMUM. 25 Septembre	PROFONDEUR MAXIMUM. 31 Octobre	PROFONDEUR MINIMUM. 25 Septembre	PROFONDEUR MINIMUM. 31 Octobre	Observations.
	mètr.	mètr.	mètr.	mètr.	
Amont des îles d'Yvoz	0,90	1,30	0,90	1,20	Aux deux époques marquées ci-contre, les eaux étaient à des hauteurs fort différentes ; mais les cotes ont été ramenées à l'étiage annuel. La profondeur moyenne qui résulte des profils pris le 31 octobre est, pour toute la partie du bras de gauche des îles, de 1^m10.
25m à l'aval du point précédent	0,80	1,30	0,80	1,20	
25 id.	0,80	1,20	0,80	1,10	
25 id.	0,80	1,20	0,80	1,10	
25 id.	0,80	1,30	0,80	0,90	
Chevet de la première île	0,80	1,20	0,80	1,00	
100m à l'aval	0,80	1,20	0,80	0,90	
Abordage de la houillère Balda-Lalord	0,80	0,90	0,80	0,80	
50m à l'aval du point précédent	0,70	0,80	0,70	0,60	
Aval de la passe, au point où doit commencer le prolongement de la jetée	0,60	0,70	0,60	0,70	

(1) Les angles des cinq courbes sont respectivement de 150°, 159°, 170°, 170° et 169° ; les angles de réflexion qui en résultent, 15°, 10°30′, 5°5′ et 5°30′, ont

Un approfondissement aussi prononcé par les eaux d'étiage est un fait assez concluant ; il prouve ce qu'on peut attendre des hautes eaux, ce qu'on doit se promettre de leur action et le parti qu'on en peut tirer.

La construction de cette passe a été contrariée par un mouvement continuel de bateaux, dont la circulation ne pouvait être interrompue sans qu'il en résultât de grands préjudices pour le commerce, les exploitants et diverses industries ; aussi n'est-elle pas encore entièrement draguée à profondeur dans sa partie d'amont, et la jetée d'aval est encore à faire.

Pour la rendre praticable, il a fallu barrer l'ancien lit de la rivière, vers lequel un passage d'environ 25^{m} avait été laissé au droit du Chaffour ; trois jours ont été employés à ce travail, qu'il fallait faire en hâte, quoiqu'il fût rendu très-difficile par des eaux dont la violence s'accroissait avec le resserrement et qui avaient acquis une vitesse torrentielle.

Au moment où les batardeaux ont été enlevés, 35$^{m^3}$ environ continuaient à passer par l'ancien lit, et 28 à peu près s'écoulaient par le chenal ; les eaux, qui étaient à 0^{m}08 au-dessous du zéro de l'échelle, sont tombées à 0^{m}13, et la vitesse du courant est restée ce qu'elle était, d'environ 1^{m}70 ; mais, après la fermeture de l'ancien lit par un barrage, le plan d'eau à l'aval du courant s'est relevé de 0^{m}15, le niveau n'est remonté que 0^{m}05 à l'échelle, et la vitesse n'a plus été que de 1^{m}25. Depuis lors, elle a encore diminué. Jusqu'au moment où la passe a été mise en libre pratique, avant et après l'établissement du barrage, la navigation n'a pas été entravée un seul jour, même pendant une heure, et le dernier bateau descendant sortait par l'ouverture de la jetée, en même

pour sinus 0,258, 0,18120, 0,08628, 0,08628, 0,09567, et la formule de Dubuat $0{,}0123\,v^2\,(n\sin^2 v + n'\sin^2 v' \ldots)$ donne $0{,}0123\,v^2 \times (0{,}258 + 0{,}0328 + 2 \times 0{,}0074 + 0{,}0092)$. En supposant $v = 1^{m}34$, supposition conforme au calcul de la passe, on aura pour expression de la somme des résistances cherchées, la valeur 0,002034, qui s'effacerait devant une vitesse de 1^{m}34.

temps que le premier bateau montant arrivait par le bras de gauche des îles.

L'avantage de ce travail est déjà sensible pour les exploitants de houillères; auparavant, les bateliers qui chargent pour la Hollande à Chokier et à Seraing, exigeaient 25 p. °/₀ de plus par tonneau quand ils devaient prendre à Chokier un chargement pour Maestricht, et aujourd'hui le fret est le même, quel que soit celui de ces deux points où le chargement s'effectue.

§ 8. — *Passe de Jupille.*

Il n'était d'abord question, dans cette partie de la Meuse, que de la construction d'un péré sur la rive gauche, pour l'abordage du passage d'eau; mais, prenant en considération le mauvais état de la rivière et du halage, M. le ministre des travaux publics a autorisé l'essai d'une passe navigable, bornée pour cette année aux ouvrages strictement nécessaires.

La rivière, au droit de Jupille, avait 200^{m} environ de largeur; à l'étiage, elle se rétrécissait jusqu'à ne plus laisser aux bateaux qu'un pertuis de 20 mètres, où le tirant d'eau n'était que de 0^{m}55, et dont le courant avait une vitesse de 2^{m}40. Cette vitesse était la moindre gêne, elle favorisait même les bateaux descendants; mais les bateaux montants touchaient le gravier, remplissaient le pertuis, faisaient gonfler l'eau d'amont et devaient vaincre la résistance que leur opposait le poids du fluide, animé d'une grande vitesse, qui s'accumulait sur leur avant. Le halage, dans les basses eaux, était sur le gravier du lit, à travers les flaques stagnantes qui l'entrecoupaient, et, dans les hautes eaux, sur les prairies de la rive gauche, déjà submergées par les premières crues Les bateaux ne remontaient donc qu'avec peine de Herstal à Liége; aux eaux moyennes, il leur fallait trois et quatre longueurs de corde, un nombre de chevaux considérable, et

souvent ce n'était qu'avec de grands périls qu'ils parvenaient à faire ce court trajet en un jour ou deux.

Mais la trop grande étendue des attérissements, sur une si large section, a servi dans l'exécution des travaux autant qu'elle nuisait à la navigation en remonte, et les draguages du chenal, dans un gravier à distance du thalweg, se sont effectués à l'abri de toute invasion des eaux ordinaires; il n'y avait à redouter d'accident que par une forte crue, durant un été qui s'est passé sans orage et presque sans pluie.

Un changement total résulte de cet essai de passe, quoique elle ne soit point encore achevée; la saison qui, par la continuité des basses eaux, a été propice aux terrassements, ne l'a pas été aux transports, et les pierres ne se trouvant pas sur les lieux, il a fallu les faire venir des carrières d'Engis, de Flône et des environs; l'entrepreneur avait même passé des marchés pour en obtenir des carrières de l'Ourthe; mais l'Ourthe n'a presque pas été navigable dans les mois de juillet, août, septembre et octobre. De là des retards contre lesquels il n'y avait rien à dire. On ne pouvait qu'attendre.

D'après les jauges qui donnaient 85^{m3} pour le produit de la Meuse à l'aval de Liége, la largeur du plafond étant de 30^{m} à $1^{m}70$ en contre-bas de l'étiage, la longueur de la passe serait de 2068^{m}. Pour essayer l'effet des eaux, et par économie, le draguage n'a été descendu qu'à $1^{m}17$, et provisoirement la partie de la jetée qui s'étend de l'amont du gravier à la rive droite, est la seule qui se construise. Il y a maintenant 1^{m} d'eau à l'étiage; quand la jetée sera terminée et que le chenal recevra toutes les eaux, le mouillage s'augmentera par la surélévation du niveau, et bientôt après, comme à Anseremme, aux îles de Beez et ailleurs, par les affouillements. La vitesse, qui est en ce moment de près de 2^{m} à l'entrée du chenal, diminuera aussi par l'achèvement de la jetée, qui obligera les eaux de la fosse d'amont à participer au mouvement.

L'amélioration que ressentent le mieux les bateliers, est celle du halage. Il se fait sur une digue en gravier, élevée à

3m50 au-dessus des basses eaux annuelles, avec talus à l'inclinaison de 2 sur 3, et une largeur de 9 à 10m en couronne. Cette largeur était nécessaire pour la conservation de l'ouvrage, dont les talus, déjà dégradés par le batillage, ou plutôt par l'*onde* des bateaux à vapeur, sont exposés aux dégâts des hautes eaux. Un ancien péré, le péré Monville, a été démonté et porté à hauteur vers la fin de l'entonnoir : un autre, le péré Poissinger, a également été remis en place après le démontage et élevé à 3m50 ; mais ces deux revêtements, qui défendent l'un l'amont, l'autre l'aval de la passe, ne protégent qu'imparfaitement la partie du milieu de la digue de halage.

Une rampe d'abordage revêtue en moellons, et qui forme ainsi un ouvrage de défense vers le sommet de la courbe, a été construite pour le passage d'eau.

Les prairies situées entre le péré Monville et le coude de Coronmeuse étaient fortement corrodées par les hautes eaux et par les glaces, leurs berges, auparavant presque à pic, ont été dressées à l'inclinaison de 2 sur 3.

IX.

COUT D'UNE PASSE NAVIGABLE.

Il n'est pas permis d'espérer pour toutes les rivières des moyens d'amélioration tels que ceux qui ont été mis en œuvre par M. Laval, avec beaucoup d'habileté, sur la Douze et la Midouze. L'amélioration totale de la Midouze, sur un développement de 41,360m, s'est effectuée pour la modique somme de 85,000 fr., ou à raison de 2 fr. 05 par mètre courant (1).

Sur la Meuse française, le chenal de Dom-le-Mesnil a coûté 36,374 fr. 66 ; sa longueur étant de 758m, ce travail est revenu à 47 fr. 98 par mètre.

(1) *Rivière de la Midouze*, etc ; par M. Laval.

Pour le chenal de St-Louis, la dépense a été de 51,753 fr. 01, ce qui, pour une longueur de 700m, porte le prix du mètre à 73 fr. 93.

Sur la Moselle, au 31 décembre 1842, trente-sept passes étaient achevées, d'un développement total de 16,768m; la dépense a été de 759,244 fr. 68, ou de 45 fr. 28 par mètre.

Sur la Meuse belge, six passes ont été construites comme ouvrages d'essai :

A Anseremme, 1000m de longueur pour la somme de 39,127 fr. 41, ou à raison de 39 fr. 13 par mètre;

A Tailfer, une jetée sans aucun draguage du fond, longue de 650 mètres, a coûté 18,732 fr. 50, ou 28 fr. 82 par mètre;

Aux Grands-Malades, jetée, revêtement de la rive en moellons, draguage à 1m50 de profondeur, sur un développement de 1312m25, au prix total de 161,813 fr. 28, ou de 123 fr. 30 par mètre;

Aux îles de Beez, 12,450m3 de draguages, sur une longueur de 740m, ont coûté 42 fr. 81 par mètre courant;

A Chokier et au Val-St-Lambert, la jetée en rivière, le revêtement d'une partie de la rive, le draguage sur 1023m à 1m50, et à 0m60 sur 1280m, reviennent à 132,933 fr. 96; la longueur totale de la passe est de 2300m, et par conséquent la dépense est de 53 fr. 17 par mètre;

A Jupille, draguages et remblais, dressement de la rive gauche, établissement d'un chemin de halage, jetée en rivière à l'amont des draguages, etc., sur une longueur de 1375m, pour la somme de 76,505 fr. 85, ou à 55 fr. 64 par mètre.

En évaluant les dépenses sur la Meuse comme celles de la Midouze, c'est-à-dire en les répartissant sur le développement total du fleuve mis en valeur par les travaux effectués, on trouve des résultats encore plus exacts.

Ainsi :

La passe de Dom-le-Mesnil améliore la navigation sur une longueur d'environ 4000m, en sorte que le prix du mètre courant n'est en réalité que de 9 fr. 10;

Le chenal St-Louis, pour une longueur améliorée de 3000m, n'a exigé qu'une dépense de 17 fr. 25 par mètre;

Et les six passes sur la Meuse belge améliorant la navigation sur des longueurs respectives de 4100m, 2500m, 3000m, 4000m, 3700m, 4000m, ne reviennent en définitive qu'aux prix de 9 fr. 73, 7 fr. 89, 53 fr. 94, 7 fr. 92, 35 fr. 93, et 19 fr. 13 par mètre.

Si enfin on prend la moyenne de la dépense, on trouve qu'elle est de 21 fr. 84 par mètre courant.

Ce chiffre devrait être diminué de beaucoup, il serait même au-dessous de 7 fr. 89, prix qui vient d'être indiqué pour les travaux de Tailfer, si l'on supprimait les draguages.

X.

OBJECTIONS CONTRE LES PASSES NAVIGABLES.

Le premier problème à résoudre dans les rétrécissements est la largeur à donner au chenal. « Les formules hydrauliques, dit M. Minard, offrent peu de secours. La formule du mouvement uniforme, c'est-à-dire à lit régulier, est évidemment hors d'application; et la formule du mouvement permanent ne peut servir que quand on connaît le changement opéré en un point, ce qui est précisément la question. On sera donc réduit aux indications données par la rivière dans les parties où la navigation trouve assez d'eau et où le régime est régulier (1). »

Si cette assertion était rigoureusement exacte et que la formule du mouvement uniforme fût inapplicable au cas d'une passe navigable, il y aurait impossibilité de déterminer les dimensions de la passe par le calcul; mais il est certain, au contraire, qu'un chenal à section constante, maintenu par une digue submersible, et dans lequel la pente par mètre est en tous les points la même, présente, durant l'étiage, toutes les circonstances propres au mouvement uniforme, et que la

(1) *Cours de construction des ouvrages*, etc; par M. Minard.

formule peut et doit être appliquée. Sans doute il faut tenir compte des indications données par la rivière ; mais, si elles modifient les résultats, ces résultats n'en sont pas moins donnés très-approximativement par la formule, et ordinairement ils sont vérifiés par l'expérience, lorsque la passe est bien construite.

C'est ainsi que, sur la Haute-Meuse, M. l'ingénieur en chef Thirion a reconnu que, « lorsque la pente de fond est constante, il s'établit dans les chenaux une vitesse presque uniforme (1). »

« Pour les rétrécissements de la Moselle, on a supposé : 1° que les largeurs pourraient être prises pour les périmètres mouillés ; 2° que les vitesses des sections diverses étaient en raison inverse des racines cubes des largeurs ; 3° que les rétrécissements relevaient le plan d'eau parallèlement, c'est-à-dire sans en changer la pente (2). »

De ce que les résultats ont été assez éloignés des prévisions, comme parfois ils leur ont été supérieurs, on n'est pas en droit de conclure que les hypothèses dont les calculs ont été déduits soient fausses. Il est vrai que la première ne peut être admise qu'autant que la tranche d'eau est très-mince et la largeur excessive ; mais c'est ce qui s'est fréquemment présenté sur les hauts-fonds de la Moselle.

La troisième est sans application, attendu qu'il s'agit, non pas de relever le plan d'eau parallèlement à lui même, mais de ramener dans un même plan, de l'amont à l'aval de la passe, les surfaces irrégulières que présentent, sous un niveau variable, les diverses parties des hauts-fonds que l'on veut détruire, et de rectifier ainsi le profil sinusoïdal de la superficie (3).

(1) *Rapport sur les résultats obtenus*, etc ; par M. Thirion, ingénieur en chef de la navigation de la Meuse à Mézières. *Annales des ponts et chaussées*, *t.* XXXI. Paris, 1841.

(2) *Cours de construction des ouvrages*, etc ; par M. Minard.

(3) Lorsque, par l'effet du rétrécissement, il se produit un gonflement dans la passe, le plan d'eau, dans la fosse supérieure, se relève à peu près parallè-

Quant à la deuxième, elle est vraie, ou du moins assez approximativement vraie sur toutes les rivières, pour être utilisée dans la pratique.

Ainsi, de la formule $RI = \alpha u + \epsilon u^2$, on déduit cette autre,

$$\varkappa = \frac{g\, I\, \omega^2}{Q(a\omega + b\, Q)},$$

dans laquelle $\varkappa$, I, ω, ayant les valeurs précédemment indiquées (VI), g représente la force accélératrice de la pesanteur, Q le produit constant de la rivière, a et b deux constantes respectivement égales à αg, ϵg. On tire de cette dernière, en mettant pour ω sa valeur $\frac{Q}{u}$,

$$\varkappa = \frac{g\, IQ}{(a + bu)\, u^2}.$$

Pour un autre point de la rivière, où le développement du périmètre mouillé serait $\varkappa'$ et la vitesse u', on aurait également,

$$\varkappa' = \frac{g\, IQ}{(a + bu')\, u'^2};$$

et par conséquent,

$$\frac{\varkappa}{\varkappa'} = \frac{(a + bu)\, u^2}{(a + bu')\, u'^2}.$$

Or, $a = \alpha g = 0{,}0000444499 \times 9{,}8088 = 0{,}000436$,

lement à lui-même. A Tailfer, par exemple, le gonflement d'amont s'étend jusqu'à l'île de Chaupenet, à l'aval de Burnot. L'inverse a lieu pour un dragage porté à une trop grande profondeur ; mais une passe achevée ne doit rien changer à l'état des deux fosses adjacentes.

et $b = 6g = 0{,}003034$, ou, à très-peu près, $b = 7a$; donc

$$\frac{x}{x'} = \frac{u^2 + 7u^5}{u'^2 + 7u'^5};$$

ou bien encore, en effectuant la division de $7u^5 + u^2$ par $7u'^5 + u'^2$, et en s'arrêtant au premier terme du quotient,

$$\frac{x}{x'} = \frac{u^5}{u'^5} + \frac{u^2 u' - u^5}{u'^5 + 7u'^4}.$$

Il est visible que l'on peut négliger le dernier terme du second membre, puisque le numérateur s'approche d'autant plus d'être égal à zéro, qu'il y a moins de différence entre les vitesses u et u', et que le dénominateur croît suivant la puissance troisième et la puissance quatrième de la plus forte vitesse. De là résulte

$$\frac{x}{x'} = \frac{u^5}{u'^5}.$$

On a objecté aussi que, sur la Loire, le kilomètre du chenal coûterait 219,000 fr., tandis qu'un canal latéral reviendrait à la moitié, et même au tiers, attendu que le prix d'un kilomètre de canal est d'environ 90,000 fr. (1).

Cette objection n'a de force qu'autant que l'on suppose qu'il est nécessaire de construire un chenal continu, entre deux jetées, sur toute la longueur de la rivière à améliorer; mais si, par exemple, pour un développement de 150 kilomètres, il y avait, ce qui serait énorme, 40 kilomètres à rendre navigables par des chenaux maintenus entre la berge

(1) *Considérations sur le système de rétrécissement*, etc; par M. BEAUDEMOULIN.

du halage et une seule jetée, ce ne serait encore qu'une dépense de 4,000,000 fr., même à 100,000 fr. le kilomètre.

Mais une pareille évaluation est évidemment exagérée, et nous avons vu (VIII), d'après ce qu'ont coûté les passes exécutées sur la Moselle et sur la Meuse, que ce serait évaluer très-haut la dépense par kilomètre que de la porter à 25,000 francs.

D'ailleurs les draguages, qui forment la partie la plus coûteuse du travail, ne sont pas partout nécessaires, et l'on peut abandonner à l'action des eaux le soin d'approfondir le chenal.

Il est vrai qu'on a contesté l'influence du temps et de la durée pour le succès de cette opération (1), et l'on a dit que l'effet des rétrécissements devait être immédiat; mais l'on s'est trompé. On a considéré le régime des hautes eaux comme une continuation du régime d'étiage, tandis que ces deux régimes ne se ressemblent pas, et que leur action est fort différente (III).

On a dit encore que « le *maximum* de vitesse relative et d'action corrosive qui peut résulter, dans un chenal, de la construction des digues submersibles, paraît correspondre à des hauteurs d'eau très-peu différentes de l'étiage. Dès que les eaux dépassent la crête des digues et même les attérissements moins élevés qui s'appuient sur elles, le périmètre mouillé se trouve tout à coup fort étendu, et la vitesse du courant diminue en conséquence, et aussi par les points d'arrêt que forment les digues. Le prisme d'eau contenu dans le chenal participe, par la viscocité, à la diminution de vitesse qu'éprouve la lame supérieure. Ainsi, dans les crues voisines de la crête des barrages, la vitesse dans le chenal et l'action corrosive sur le fond et les berges, diminuent plutôt qu'elles n'augmentent. Dans les grandes crues, la masse totale du fluide acquiert une grande vitesse; mais le prisme d'eau du chenal

(1) *Considérations sur le système de rétrécissement*, etc; par M. BEAUDEMOULIN.

suit le mouvement imprimé à la nappe en contact avec le fond général du lit, et le relief des digues n'a pas plus d'action que les grandes inégalités du fond (1). »

Il est vrai que le courant de surface, plus fort généralement dans les crues qu'à l'étiage, est parfois moindre sur certains points, et qu'en vertu de la formule $w = 2u - V$, dans laquelle w représente la vitesse du fond du lit, cette vitesse de fond serait, aux mêmes points, plus faible en grandes eaux qu'en basses eaux ; mais cela n'est pas, et il y a ici confusion de deux états bien distincts d'une rivière. Dans les eaux moyennes, les effets énumérés seraient exacts, ce dont il est permis de douter, qu'il en serait tout autrement dans les hautes eaux, dont le roulement approfondit toutes les parties du lit dans lesquelles il se fait sentir, et c'est ce roulement qui creuse et entretient les passes comme il le fait pour les mouilles.

XI.

OBJECTIONS CONTRE L'APPLICATION DES PASSES A L'AMÉLIORATION DE LA MEUSE.

Nous avons vu (II) que les mêmes procédés ne conviennent pas à toutes les rivières, et que, pour une même rivière, il fallait parfois, selon ses diverses allures, varier les moyens et recourir à des procédés très-différents les uns des autres ; il serait donc possible, à ne consulter que le raisonnement, que le système de rétrécissement ne fût applicable qu'à quelques parties de la Meuse, et que même il ne le fût pas du tout.

Des ingénieurs ont manifesté cette dernière opinion. Il en est qui paraissent penser que les passes navigables ne sont d'un bon usage nulle part.

M. Vifquain, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, qui est loin de se montrer aussi exclusif, regarde les

(1) *Considérations sur le système*, etc ; par M. Beaudemoulin.

chenaux comme propres à améliorer, non-seulement plusieurs parties de la Meuse, mais des hauts-fonds de l'Ourthe, de l'Amblève, de petites rivières et de ruisseaux du Luxembourg (1).

Cet ingénieur n'est cependant pas, en général, partisan des passes navigables, et il expose, dans son mémoire sur les *Voies navigables*, les raisons qui le font douter de leur succès sur quelques-uns des points de la Meuse qui doivent être améliorés.

Il m'a semblé, abstraction faite des développements et de quelques considérations tout à fait accessoires, qu'elles pouvaient se résumer sous les sept chefs suivants :

1° Les passes exécutées sur la Meuse française n'ont pas atteint leur but; construites pour présenter partout un mouillage de 1^{m}, elles n'ont conservé que 0^{m}76 dans l'été de 1840, et la traction y est encore si difficile, qu'un cheval robuste ne remonte, en basses eaux et à la vitesse de 2,500^{m} par heure, qu'une charge d'environ 25 tonneaux, dont 15 à 18 de poids utile;

2° L'augmentation de mouillage à obtenir au moyen des passes navigables n'est que de 0^{m}30 à 0^{m}40, et il y a peu à espérer de leur emploi aux points où la grande chute des eaux forcerait à leur donner une longueur de plus de 1000^{m};

3° Les jetées, dont la construction ne peut être suffisamment soignée sur une longueur de 29 lieues, seraient en partie détruites chaque hiver, de sorte qu'il se formerait de nouveaux obstacles, et que l'ensemble du système serait bouleversé sur plusieurs points;

4° Il n'est pas possible d'admettre un système qui, sur cette même longueur, laisserait au fleuve ses allures désordonnées pendant les grandes eaux;

(1) *Des voies navigables en Belgique; considérations historiques suivies de propositions diverses ayant pour objet l'amélioration et l'extension de la navigation, ouvrage rédigé par ordre du département des travaux publics;* par M. Vifquain. Bruxelles, 1842.

5° Le commerce de Liége est trop pressé d'obtenir une navigation facile vers la Hollande, pour attendre patiemment, durant un quart de siècle, que *huit* à *dix* millions soient dépensés en tâtonnements de passes artificielles offrant, au plus, 1m de tirant d'eau ;

6° En supposant les passes excellentes, il faudrait cependant se régler, en chaque point, sur le volume d'eau : il en résulterait une variation continuelle de mouillage, et il faudrait renoncer à la régularité de la charge, chose des plus importantes ;

7° L'administration a trop d'expérience des travaux pour ne pas reconnaître l'insuffisance d'une évaluation qui ne porte qu'à 3,741,000 francs les dépenses qu'exigerait ce système d'amélioration.

C'est à ces termes que se réduisent en réalité les objections de M. Vifquain, et, quoiqu'elles soient implicitement réfutées par les considérations précédemment déduites, c'est aux assertions dont il les appuie qu'il s'agit de répondre (1).

1° Les passes françaises ont, à l'étiage et dans toute leur étendue, 1m et plus de tirant d'eau. Si, dans l'été de 1840,

(1) M Vifquain fait bien encore quelques observations; mais, à proprement parler, elles ne concernent point les passes : elles sont personnelles à l'ingénieur chargé des études de la Meuse, et par conséquent n'intéressent pas le système de rétrécissement.

Ainsi j'avais dit, en 1840, que je n'osais pas répondre de l'efficacité des chenaux dans toutes les parties de la Meuse à améliorer, et M. Vifquain s'étaye de cet *aveu* : « Or, si l'ingénieur doute que l'exécution de chenaux puisse répondre à l'attente du batelage, à quel degré ce doute ne s'élèvera-t-il pas si ces ouvrages doivent répondre à l'attente du commerce? » Au moment où je commençais l'étude de la Meuse, il était naturel de douter, et peut-être sage de demander des essais; mais en 1842, et surtout en 1843, je n'ai plus émis l'ombre d'un doute, et mes propositions sont fondées sur des faits nombreux qui, je crois, les justifient.

M. Vifquain suppose aussi très-gratuitement que les améliorations proposées n'ont pour but que de contenter le *batelage*, sans égard aux besoins du *commerce*, et il revient plusieurs fois sur cette distinction à faire entre le *commerce* et le *batelage*.

Il dit encore que les résultats de mes jauges sont contestés. Par qui? D'après quelles opérations? L'accusation est assez grave pour qu'il eût peut-être été convenable de ne pas la répéter sans preuve, dans un *ouvrage rédigé par ordre du département des travaux publics*.

par un étiage extraordinaire, qui, par parenthèse, a été beaucoup plus bas en France qu'en Belgique, le *minimum* de profondeur, dans les parties inférieures des passes de St-Louis et de Fépin, s'est réduit à 0^m95, et à 0^m76 au chenal de Dom-le-Mesnil, c'est une exception. Un abaissement de 0^m05 à St-Louis et à Fépin, par une sécheresse qui se reproduit rarement, n'a rien de bien fâcheux et ne prouve certainement pas contre le système des passes : on y a d'ailleurs remédié dans la dernière campagne, de manière que, dans les plus bas étiages, il y ait toujours 1^m de tirant d'eau, et de 1^m10 à 1^m20 dans les années ordinaires (1). La baisse de 0^m24 à Dom-le-Mesnil serait tout autrement inquiétante, si elle n'avait pas eu une cause facile à détruire : dans la construction primitive, le chenal se terminait par un coude trop brusque, qui a été adouci et prolongé de manière à opérer le débouché dans une fosse (2). « Il faut savoir, en outre, que dans cette partie du cours de la rivière, le régime est encore fortement influencé par les retenues des moulins supérieurs, en sorte que le débit *minimum* est au-dessous de ce qu'il serait si l'écoulement était bien continu (3). »

Les essais sur la Meuse française doivent donc être considérés comme ayant tenu ce qu'ils promettaient.

La navigation en remonte n'est pas, il est vrai, aussi facile que sur un canal; mais jamais cela ne peut être (I, § 2), et c'est une belle amélioration que celle qui a pour effet d'apla-

(1) « En ce qui concerne les nouveaux chenaux, la pente *maxima* du fond est fixée à 0^m00065 par mètre, et la largeur au fond à 18^m en amont de la Semoy, et à 19^m en aval de cette rivière; en ce qui concerne les anciens, la pente longitudinale est ou sera réduite à la proportion convenable, par le remous des barrages immédiatement inférieurs. » *Renseignement donné le 17 février 1843*, par M. Thirion, ingénieur en chef de la navigation de la Meuse, à Mézières.

Il n'est pas besoin de dire que cette dernière précaution, facilitée par les barrages établis, n'a d'utilité que pour des basses eaux extraordinaires; elle a été prise « pour que le tirant d'eau prévu fût assuré *dans les plus basses eaux possibles.* » *Ibid.*

(2) *Rapport sur les résultats obtenus*, etc; par M. Thirion.

(3) *Renseignement donné* par M. Thirion.

nir les résistances jusqu'à permettre un tirage de 25 tonneaux par cheval, sur un petit nombre de points auparavant très-difficiles, la traction dans les fosses conservant toute sa facilité, et la descente tous ses avantages.

Du reste, si les passes navigables laissent subsister quelque difficulté de traction, leur emploi ne devrait soulever aucune objection dans les parties du fleuve qui ne sont guère parcourues à pleine charge qu'en descente, comme de Liége à Maestricht, et c'est là que M. Vifquain les proscrit : c'est particulièrement de Liége à Maestricht qu'il recommande les barrages éclusés.

2° L'augmentation de mouillage obtenue par l'établissement des chenaux en aval de Mézières n'a pas été de 0^m30 à 0^m40, mais de 0^m50 à 0^m60, d'après les indications consignées dans le dernier rapport de M. l'ingénieur en chef Leroy (1), et, sur la Meuse belge, l'augmentation a été bien autrement élevée (VIII, §§ 4, 5, 6 et 7).

Quant à une longueur de plus de 1000^m, elle est insignifiante (VIII, §§ 4, 6 et 7) : l'essentiel est d'avoir un produit qui permette d'assigner une assez grande largeur de fond pour que les bateaux puissent aisément se croiser dans leur marche, une direction qui maintienne la passe en bon état, et une pente de surface qui corresponde à une vitesse modérée. Les conjectures doivent tomber devant l'évidence, et la passe de Chokier, qui a $2{,}300^m$ de longueur, est une amélioration appréciée de tous les bateliers.

3° Les jetées ne sont pas détruites par l'effet des hautes eaux. Les plus grands efforts qu'elles aient à supporter sont exercés par les premières eaux moyennes, quand le couronnement fait l'office d'un radier, qu'il joue momentanément le rôle de déversoir, et ces efforts tendent à renverser la jetée du dedans au dehors du chenal (VI, § 5). Aucun encombrement n'est donc à craindre, si la direction de la passe est bien celle des hautes eaux, et ce qui s'est passé à Dom-le-Mesnil en

(1) *Rapport du* 10 *février* 1858; par M. Leroy.

1838 montre qu'il n'y a pas d'embâcles à redouter, lors même que, par des gelées intenses, le couronnement vient à se trouver engagé dans les glaces (1).

4° Les hautes eaux de la Meuse ne peuvent pas plus être maîtrisées que celles des autres rivières : aucun système ne serait capable d'y parvenir. Les passes navigables ont précisément cela d'avantageux, qu'elles laissent à la Meuse ses allures naturelles dans les hautes eaux, qu'elles n'altèrent en rien ce régime, et c'est un des plus puissants motifs en faveur de leur adoption.

5° Le commerce de Liége n'attendra qu'aussi peu de temps que l'on voudra les améliorations dont il a besoin pour qu'une navigation facile lui soit assurée vers la Hollande ; des allocations suffisantes mettraient à même de lui procurer, en deux ou trois campagnes, un mouillage de 1m50 en remonte et de 1m70 en descente (2). Les passes seraient à la fois le moyen le plus efficace et le plus économique pour atteindre le but, et il serait également le plus prompt, même en laissant à l'action des hautes eaux le travail d'approfondissement.

Dans d'autres pays, des lenteurs seraient à craindre ; « mais il n'en peut être ainsi en Belgique, où la nation s'empresse à commencer ce qui est utile, et ne commence que pour finir bientôt (3). »

6° Il n'est pas question de canaliser la Meuse par cascade ; l'inégalité de mouillage ne se reproduira pas à chaque kilomètre ; elle n'existerait qu'à l'amont et à l'aval de Liége et n'entraînerait aucune irrégularité dans le chargement, attendu que la navigation au-dessus de cette ville et la navigation d'aval, sont deux navigations fort différentes : jamais les bateaux français ne descendent au-dessous de Liége, et il n'y aurait avantage ni pour eux ni pour nous à ce qu'ils le fissent.

7° L'administration, quelle que soit son expérience des

(1) *Rapport sur les résultats obtenus*, etc ; par M. THIRION.

(2) Quand, à l'étiage, les passes de la Meuse auront 1m50 ou 1m70, la plupart des canaux chômeront pour le dévasement et les réparations annuelles.

(3) *Des voies navigables en Belgique*, etc ; par M. VIFQUAIN.

travaux, avait besoin, comme l'ingénieur chargé des études de la Meuse, pour acquérir quelque certitude sur le chiffre de la dépense, que des essais fussent effectués, et aujourd'hui elle peut juger, non par de simples inductions trop souvent trompeuses, mais sur des faits. Il ne s'agit ni de *dix* ni de *huit* millions (1).

M. Vifquain, qui s'est d'abord fait connaître et dont la réputation s'est accrue par l'ouverture de canaux dans la construction desquels il a déployé une haute intelligence de l'art de l'ingénieur et de ses ressources, s'occupe peut-être ici de la Meuse pour la première fois; de là vient qu'il a trop confondu, à ce qu'il me semble, l'amélioration de la navigation de cette rivière avec l'établissement d'un canal, et qu'il a proposé, en partie du moins, des barrages transversaux avec écluses et pertuis.

Ainsi il pense que les barrages transversaux submersibles, lorsqu'ils sont accompagnés de larges pertuis, n'ont plus ou *presque* plus d'influence aux hautes eaux, et que, dans tous les cas, il ne doivent point, avec un égal débouché, occasionner un plus grand gonflement que les passes navigables.

Cependant les passes sont maintenues par des jetées *submersibles dès les premières eaux moyennes*, dès que le niveau d'étiage est dépassé de quelques centimètres, et les barrages transversaux, pour avoir des effets sensibles, ne devront être submersibles qu'à un niveau beaucoup plus élevé, ce qui constitue une énorme différence.

En outre, des barrages longitudinaux, lorsque les eaux qui les débordent s'élèvent de 0^m20 à 0^m30 au-dessus du couronnement, n'opposent plus le moindre obstacle au libre écoulement du fluide : ils sont, pour ainsi dire, effacés; tandis que des remous sont provoqués par les barrages transversaux à toutes les hauteurs, et sont toujours manifestes à la surface.

(1) M. Vifquain ne dit pas d'après quelles bases il a établi la dépense, qu'il évalue à *huit millions* de francs.

Je ne recourrai pas aux formules, j'invoquerai l'expérience.

A Chokier, à Jupille, au moment de l'ouverture des passes, de simples rudiments de batardeaux en terre glaise, laissés sur le fond à une hauteur de 0m08 à 0m10, provoquaient, à une profondeur de 1m20, un remous si considérable, que les bateliers ne voulaient point franchir la barre formée à la surface, prétendant qu'il y avait dans le chenal un amoncellement de moellons qui, dans leur pensée, devaient avoir été détachés des jetées latérales.

A l'entonnoir d'amont de chacune des passes navigables, le même effet se produit pour toutes les hauteurs d'eau au-dessus de la partie de la jetée qui forme raccordement avec la rive, dès que le couronnement est débordé, bien qu'il ne soit qu'à 0m40 ou 0m50 en contre-haut du niveau d'étiage (1).

Quels seraient donc les effets des barrages transversaux dans les fortes crues de la Meuse?

J'ai précédemment témoigné des craintes sur ce que deviendraient les fosses, si, sur les hauts-fonds qu'il faut faire disparaître, on mettait des barrages éclusés (II); à cela M. Vifquain répond qu'il ne se forme pas d'attérissements en amont des barrages : « l'expérience prouve, dit-il, que les sables et les graviers n'y restent pas, et qu'il s'y produit même des affouillements. »

A la vérité, il se produit des affouillements au pied du talus *d'amont* d'un barrage; mais à distance, ce sont des attérissements.

Si le contraire avait lieu, un seul barrage, à l'aval des hauts-fonds et des barres, suffirait pour déterminer l'affouillement du thalweg jusqu'à des distances considérables en amont, ce qui serait une supposition trop absurde, contre laquelle M. Vifquain se récrierait.

(1) Je sais bien que, à une certaine hauteur d'eau, ce gonflement n'est plus qu'un simple bourrelet. Ainsi les barrages transversaux de l'Oise sont effacés par une crue qui les dépasse d'environ 0m85; mais sur le Tarn, ils ne le sont pas par des crues de 4m au-dessus de leur crête.

Mais ce n'est pas seulement au pied du talus d'amont d'un barrage que se forment des affouillements, il s'en fait aussi au pied du talus d'aval, et c'est, à mon sens, une bien grande objection contre l'emploi des barrages transversaux sur la Meuse (1).

Les pertuis d'ailleurs, en concédant tout le reste, exigeraient une extrême promptitude dans la manœuvre, et la moindre négligence, le plus petit retard, lors d'une crue subite, pourraient amener de grands désastres. Où trouver des ouvriers sur lesquels on puisse compter toujours?

Dans la *Navigation de la Belgique vers Paris* (2), M. Vifquain, dont je lis attentivement toutes les publications, dit en parlant de la Seine : « l'administration des ponts et chaussées prend beaucoup d'intérêt à cette navigation ; elle ne négligera rien pour son amélioration. L'ingénieur en chef, qui y sonsacre tous ses soins, réussira ou mourra à la peine. » Il est probable qu'avant de se résigner à mourir, M. Poirée aura pris des ouvriers parmi les plus habiles, pour leur confier la manœuvre de ses barrages, et néanmoins ces ouvriers, choisis par M. Poirée, font en 30 minutes une manœuvre que de plus adroits, suivant M. Vifquain, feraient en 20 minutes (3). C'est là un avertissement ; il suffirait pour faire rejeter l'emploi de pertuis qui réclameraient, sur la Meuse, les soins permanents d'ouvriers de l'intelligence et de l'activité desquels dépendrait le salut des villes, des villages et de la plupart des exploitations de la vallée (4).

(1) *Memoire sur les causes des avaries successives arrivées aux ouvrages de la navigation de l'Isle*, etc ; par M. Girard de Caudemberg.

(2) *La navigation de la Belgique vers Paris*, etc ; par M. Vifquain, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées. Bruxelles, 1840.

(3) Cette observation n'a pas été consignée à la légère dans l'ouvrage cité ; elle est reproduite, deux ans après, dans le nouvel ouvrage de M. Vifquain sur les *Voies navigables en Belgique*.

(4) Au barrage mobile d'Epineau, sur l'Yonne, il faut $1' 45''$ pour ouvrir 1^m de barrage, ou 1^h environ pour l'ouverture d'une passe de 35^m.

Il faut 2^h pour fermer tout le barrage, dont la longueur est de 70^m. *Memoire sur le barrage d'Epineau ;* par M. Chanoine.

Le passage des écluses, d'après les mêmes considérations, et par la nature des choses, serait une cause de retards multipliés pour la navigation à vapeur. Sans doute, la navigation qui se charge des transports du commerce est celle qui intéresse le plus; mais si les passes, qui n'opposent aucune entrave à aucune époque, sont également avantageuses à ces deux espèces de navigation, c'est un motif de plus d'appliquer ce mode de perfectionnement au lit de la rivière.

M. Vifquain cite avec des éloges bien mérités la canalisation de l'Oise par M. Brière de Mondétour; mais la pente de l'Oise se prêtait admirablement aux vues de l'ingénieur, le mouillage n'a d'ailleurs été augmenté que de ce que M. Vifquain accorde aux passes navigables, de 0^m30 à 0^m40, et les barrages transversaux n'ont pas eu le même succès sur toutes les rivières. M. Vifquain, par erreur sans doute, comprend la Moselle au nombre de celles qui ont été améliorées par des barrages éclusés : sur la Moselle, qui ressemble à la Meuse beaucoup plus que l'Oise (1), il n'y a, à ma connaissance, que des passes navigables et des épis (2).

Enfin, ainsi que je l'ai dit plus haut, M. Vifquain admet l'emploi des passes artificielles en plusieurs endroits de la Meuse; mais il les repousse « dans les points où il existe de fortes chutes, comme au *Val-Saint-Lambert*, au-dessous de Huy, à l'*aval de Namur*, à Leffe, etc., de même que dans les parties de la rivière où, ainsi qu'à Liége, il importe de former des bassins pour tenir constamment les navires à flot contre les quais et faciliter les chargements; au contraire, dans les parties où les rapides sont moins inclinés et moins longs, des barrages de faux-bras, *des passes artificielles*, etc., nous sem-

(1) La Meuse et la Moselle ont une telle ressemblance, que, d'après les noms de ces deux rivières, la Moselle était considérée par les Romains comme une *petite Meuse*. Il y a cependant cette singularité, que c'est la Haute-Moselle qui ressemble à la Basse-Meuse, et la Haute-Meuse à la Basse-Moselle.

(2) La Moselle est depuis longtemps barrée à Metz, où les inondations qu'elle facilite entrent dans le système de défense; mais l'écluse placée au pont de la préfecture est, que je sache, la seule qui existe sur un cours de plus de 400 kilomètres.

blent être les moyens qui conduiraient le mieux au but que l'on se propose (1). »

Le Val-Saint-Lambert et l'aval de Namur étant au nombre des essais de l'été dernier, les résultats obtenus en ces deux points pourront éclairer sur ceux qu'on doit attendre des mêmes moyens sur les hauts-fonds qui viennent d'être énumérés.

En ce qui concerne le Val-Saint-Lambert, on pourra juger si la direction prise était bien celle qu'il fallait préférer. « Ce projet ne paraissait pas irréprochable sous le rapport de la direction de l'axe de la passe, direction qui déplaçait entièrement le thalweg à partir de l'aval de l'île du Trou-du-Moulin (2). » L'expérience a cependant décidé, non-seulement que ce déplacement n'a rien de défectueux, mais qu'il procure une amélioration notable à la navigation (3).

(1) *Des voies navigables en Belgique*, etc; par M. VIFQUAIN.

(2) *Ibid.*

(3) M. Vifquain a vivement combattu la direction qui a été suivie pour la passe du Val-St-Lambert, sur cette considération, d'ailleurs très-sage, qu'il y a toujours incertitude dans les résultats lorsqu'on déplace le thalweg.

Mais il faut distinguer.

Nous avons vu (VIII) que la Meuse, arrivée à l'île du Trou-du-Moulin, se jetait brusquement sur la gauche par un courant rapide.

Il semblerait d'abord, disais-je, que l'île pût être avantageusement creusée pour y établir le chenal dans le prolongement du courant d'amont, tel qu'il se poursuit le long du mur de terrasse du château de Ramet et un peu au-dessous; mais il est certain que l'île, qui gêne singulièrement la navigation, ne gêne pas du tout le fleuve : elle est au contraire, pour lui, le réceptacle des graviers qu'il amène de plus haut, et dont il se dégage pour continuer sa marche par le bras de gauche, comme le prouve l'augmentation annuelle de l'attérissement en tête de l'île. Il est donc vraisemblable qu'un chenal percé au travers de cette île ne tarderait pas à être comblé, ainsi que doivent le faire craindre les essais malheureux du même genre faits sur d'autres rivières.

Une autre direction devait donc être choisie : il était indispensable que ce fût celle des hautes eaux.

En cet endroit, les hautes eaux annuelles ont deux directions, et les hautes eaux de débordement en ont trois.

Les deux premières sont par le bras de droite et par le bras de gauche de l'île; la troisième est de la pointe d'aval du mur de terrasse du château de Ramet sur le village d'Yvoz.

Cette dernière ne pouvait en rien servir de guide pour les travaux projetés : elle ne fournissait aucune indication utile; mais on pouvait choisir entre les deux autres.

Je conviendrai volontiers que l'amélioration d'une rivière par le système de rétrécissement n'a rien de grandiose. « L'ingénieur chargé de la direction des travaux, dit M. Vifquain, à propos des rivières du Luxembourg, devrait mettre de côté tout amour-propre, et s'attacher *seulement* à satisfaire aux besoins de l'industrie, du commerce et de l'agriculture, en restant dans les limites de la plus stricte économie.... On trouverait avec peine des ingénieurs qui voudraient s'adonner à la création d'ouvrages ne présentant, *malgré leur*

Toutefois, en considérant la position actuelle du chemin de halage, qui est sur la rive gauche, et la force du courant, qui dénote une tendance plus prononcée des hautes eaux à se porter vers cette rive, il était aisé de reconnaître qu'il n'y avait pas à hésiter entre les deux bras, et que le seul avantage offert par le bras de droite, d'être dans la direction du thalweg tel qu'il se poursuit en aval de l'île, ne balance pas les inconvénients qui résulteraient de son adoption.

Cependant l'adoption du bras de gauche entraînait la nécessité d'abandonner l'ancien thalweg, à l'aval de l'île du Trou-du-Moulin, et de continuer le chenal par le bras des îles d'Ivoz attenant à la rive actuelle de halage ; il fallait par conséquent déblayer une masse de débris calcaires déposés par les exploitants de fours à chaux, masse qui s'avançait en pointe dans le lit de la rivière. Mais ici il n'y avait point à craindre les accidents qui eussent été inévitables dans une passe tracée à travers l'île. Ce n'est pas la Meuse qui avait formé ce dépôt : loin de là, il la contrariait. C'était un éperon de chasse qui, repoussant les eaux vers la rive droite, y avait déterminé l'approfondissement du thalweg ; dès qu'on l'enlevait, le flot des hautes eaux devait, comme on le voit aujourd'hui, se précipiter dans la voie nouvelle qui lui était ouverte, aucune cause n'agissant plus pour changer son cours.

Les obstacles naturels, îles, barres et bancs de gravier, qui s'interposent en différents points d'un fleuve, sont des obstacles pour nous, mais non pas pour lui ; on ne peut la plupart du temps les faire disparaître qu'avec beaucoup de peine, et les précautions les mieux entendues ne préviennent pas toujours les accidents que cette disparition occasionne. Mais les obstacles de main d'homme qui contrarient un fleuve et le font dévier de son cours, peuvent toujours, lorsque quelque circonstance particulière vient à le requérir, être enlevés sans aucun inconvénient. S'il était donc établi, comme l'observation des localités le prouve, que les hautes eaux n'avaient nulle propension naturelle vers le bras de droite des îles d'Ivoz, qu'elles ne s'y dirigeaient que forcément, qu'elles y étaient chassées par l'éperon que formait la pointe du Chaffour, que, même dans l'état où se trouvait la rivière, et malgré cet éperon, il n'y en avait pas moins, lors des crues, un courant dans le bras de gauche, on pouvait d'avance avoir la certitude que l'enlèvement de la pointe dont il s'agit assurerait la continuité et la permanence du thalweg dans le prolongement du courant de Chokier, jusqu'au-dessous de l'île des Veaux.

utilité évidente, aucun mérite apparent, aucun caractère monumental. »

Ce jugement est sévère, et, s'il était vrai, il est certain que ce serait une objection bien grave contre les passes navigables ; car leur existence sur une rivière est à peine aperçue : dérobées à la vue par les premières eaux moyennes, ensablées par les hautes eaux et couvertes d'herbes et de mousses pendant l'étiage, elles cessent en peu de temps d'être visibles ; bientôt les exploitants, les bateliers, les riverains, qui jouissent de l'amélioration du lit, oublient que les facilités acquises par la navigation sont la conséquence des chenaux, et ils ne tardent pas à se persuader que les choses ont toujours été comme cela. Mais M. Vifquain se trompe, et je ne crains pas de l'affirmer, au nom de tous mes camarades, de quelque grade qu'ils soient, quelle que puisse être leur position dans le corps des ponts et chaussées : être utile est, à leurs yeux, la véritable gloire de l'ingénieur.

Je ne puis omettre une réflexion que je livre à l'appréciation de M. Vifquain lui-même.

Le système de rétrécissement n'est pas nouveau, il a été pratiqué à diverses époques, et néanmoins, en France, le directeur général des ponts et chaussées n'a voulu ni en prohiber ni en autoriser l'emploi sur la Haute-Meuse, avant de s'être fait rendre un compte détaillé, minutieux, des résultats observés dans les essais de Dom-le-Mesnil et de St-Louis ; en Belgique, le conseil des ponts et chaussées, quoique deux de ses membres eussent vu les essais de la Meuse française et parcouru toute la Meuse, en l'étudiant, depuis Sedan jusqu'à Kessenich, n'a pas cru pouvoir se prononcer avant que les essais d'Anseremme, de Tailfer, des Grands-Malades, des îles de Beez, de Chokier et de Jupille, complétement achevés, pussent devenir l'objet de ses investigations ; et, dans un mémoire destiné, dans l'opinion de son auteur comme dans les intentions de M. le ministre des travaux publics, à exercer

une très-grande influence, M. Vifquain, qui n'a pu juger encore des effets d'ouvrages qu'il n'a point vus, ne craint pas d'émettre un avis définitif sur les passes appliquées à la Meuse. N'y a-t-il pas là, je le demande, un peu de précipitation?

Je terminerai ici des observations que j'eusse aimé mieux n'avoir point à faire : il ne peut m'être agréable, sous aucun rapport, d'être en dissidence avec M. Vifquain; mais il ne m'est possible de me rendre qu'à des raisons solides et convaincantes. Les études de rivières, je le sais, sont si récentes, si nouvelles encore, qu'il est naturel que les ingénieurs diffèrent entre eux sur les moyens d'amélioration à employer. J'ai eu, pour ma part, à repousser beaucoup de doutes, à triompher de nombreuses hésitations, avant de parvenir à me former une opinion certaine et à fixer mes idées sur la canalisation de la Meuse. L'étude des faits m'a amené à l'adoption des passes navigables. J'ai cru par là, en assignant à la rivière un lit mineur, en lui rendant, autant que possible, son lit primitif, arriver à la solution la plus durable et la plus économique du problème, et j'ai exposé mes convictions (1).

(1) En l'an IX, M. Lejeune, qui savait que le tirant d'eau de la Meuse avait été peu auparavant de $1^{m}20$, proposait de rétablir la rivière *dans son ancien état*, par des approfondissements du lit; les dépenses eussent été couvertes au moyen d'un péage dont il avait demandé l'établissement l'année précédente. *Mémoire sur l'état de la navigation dans le département de l'Ourthe; par* M. Lejeune, ingénieur en chef de la direction de Sambre-et-Meuse.

Si les fonds alloués le lui eussent permis, M. Deschamps, successeur de M. Lejeune, aurait sans doute aussi poursuivi ce système d'amélioration. Dans un *état*, dressé par lui le 20 février 1807, *des dépenses à faire pour le service de la navigation dans le département de l'Ourthe*, figure cet article : « Construction d'une digue en clayonnages, fascinages, etc, à la tête des îles Gossuen, entre Liége et Maestricht, pour barrer le bras situé à droite de ces îles, forcer les eaux de la rivière à se porter dans celui destiné à la navigation, et, par suite, remédier aux atterissements et hauts-fonds qui existent au-dessus et dans ce bras navigable. » *Archives de la province de Liége.*

Mais l'argent manquait, et d'une lettre du 8 avril 1807, adressée au préfet du département de l'Ourthe par M. Saget, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, il résulte qu'en 1807, pour les sept départements que comprenait le bassin de la Meuse, il n'y avait que 155,900 frs. d'affectés aux travaux de navigation. *Archives de la province de Liége.*

Dans son *mémoire du 20 février* 1807, à l'appui des dépenses qu'il juge les

Je puis dire comme M. Vifquain, lorsqu'il finit la question du canal de la Campine : « Le système que nous proposons, résultat d'études approfondies auxquelles nous avons consacré bien des veilles, nous semble seul pouvoir être convenablement appliqué *à la rivière* qui nous occupe. »

XII.

RÉSUMÉ.

Des essais de passes navigables tentés sur la Meuse dans l'été de 1842, ainsi que des travaux du même genre sur d'autres rivières, résultent les conséquences suivantes :

1° La direction à prendre pour les passes est celle des hautes eaux ;

2° Dans cette direction, la passe s'approfondit rapidement;

3° Les courbes, en provoquant un ralentissement dans la vitesse, ne s'opposent pas néanmoins à l'approfondissement par l'action des eaux;

4° Plus le produit de la rivière est considérable, plus les effets cherchés sont certains ;

5° Les jetées résistent aux plus fortes crues et aux débâcles;

plus urgentes, M. Deschamps présente d'assez longs développements, et termine ainsi ce qui concerne la Meuse : « Relativement aux obstacles qu'éprouve la navigation de la part des hauts-fonds, graviers et blocs de rochers qui se trouvent dans le lit de la rivière, on se borne à proposer d'enlever ceux de ces derniers qui se trouvent au-dessous du pont de Huy, et de rassembler les eaux qui se divisent un peu plus bas, au point dit des Grands-Malades, par l'accroissement et l'exhaussement de plusieurs îles qui se sont formées dans la rivière, et desquelles il résulte que le bras navigable est presque totalement privé d'eau, pour peu que celle-ci baisse.

« On remédierait facilement à cet inconvénient, en barrant le passage qui se trouve entre la première des îles et la rive de la Meuse, par une digue fort basse, en clayonnages, piquetages, fascines, terres et graviers. Cette digue serait peu attaquée par les eaux, puisque elle en serait surpassée pour peu qu'elles vinssent à croître, et qu'elle les forcerait toutes à passer dans le bras destiné à la navigation, lorsqu'elles seraient basses. Ce qui d'ailleurs produirait l'effet de rétablir par la suite la rivière dans un seul bras, en déterminant des attérissements successifs dans celui qui aurait été barré.

« On croit devoir ne pas étendre davantage, pour cette année, les ouvrages

6° Elles deviennent étanches en peu de temps ;

7° La vitesse dans les passes, toujours moindre que la vitesse théorique donnée par les formules, est sensiblement uniforme;

8° Elle diminue en raison de la longueur de la passe;

9° Les affouillements se régularisent, et le plafond conserve à peu près la pente de surface;

10° L'influence des passes bien établies est nulle sur les fosses d'amont et d'aval ;

11° Du pont de Jaspe à Chokier, on peut obtenir un mouillage de 1^m50, avec une largeur de plafond variable, mais de 20^m au *minimum ;*

12° De Liége à Maestricht, le mouillage peut être de 1^m70, et, au plafond, la largeur *minimum* de 30^m.

Voici maintenant le relevé des dépenses à faire pour l'amélioration du lit de la Meuse et du chemin de halage, évaluées d'après le prix de revient des travaux d'essai (VIII).

de cette espèce sur le cours de la Meuse. » *Arch. de la prov. de Liége.*

M. Deschamps recommande fréquemment des procédés analogues. « Il n'a manqué, dit-il, au système de fixation des berges des rivières, au moyen des digues en enrochements, employé il y a plus de soixante-dix ans sur la Seine par le respectable et savant ingénieur Chézy, que d'avoir été plus généralisé et suivi avec plus de persévérance. » *Recherches et considérations*, etc.; par G. Deschamps.

Une rivière, en effet, ne devient navigable et son régime n'est définitivement établi, que lorsque, par suite de rétrécissements naturels et successifs, son lit acquiert une profondeur suffisante. Si cependant ces rétrécissements ne se sont point opérés partout, qu'il y ait discontinuité en quelques points, que les eaux s'éparpillent entre des îles formées dans un sol sans résistance, que des gués ou des courants soient engendrés par une trop grande largeur de section sur un fond de sable, de gravier ou de débris rocheux, on régularisera le régime des eaux, on complètera le travail commencé par la nature, on achèvera l'ouvrage laissé par elle imparfait, en recourant aux rétrécissements artificiels, et des passes navigables assureront aux bateaux, avec une vitesse modérée, un mouillage conforme à la pente et au produit de la rivière.

Abstraction faite du halage, si les plantations par lesquelles les riverains empiètent sur le lit mineur, étaient contenues dans certaines limites, qu'elles fussent judicieusement disposées et dirigées avec intelligence, elles seraient avantageuses à la navigation par les approfondissements qu'elles provoquent. Le fait seul d'une rive affermie et bien dressée améliore le thalweg et, dans de justes conditions de largeur, le porte peu à peu au degré de perfection qu'il est susceptible d'atteindre.

INDICATIONS.	LONGUEUR DES PARTIES à améliorer.	LONGUEUR DES PARTIES conservées.	ÉVALUATION de la dépense.
PREMIÈRE SECTION. *Du pont de Jaspe au pont de Dinant.*	mètres.	mètres.	francs.
Amélioration du lit.	6,000	16,000	221,100
Id. du chemin de halage.	7,000	13,000	179,480
DEUXIÈME SECTION. *Du pont de Dinant au pont de Namur.*			
Amélioration du lit.	13,000	14,000	479,050
Id. du chemin de halage.	7,000	20,000	179,480
TROISIÈME SECTION. *Du pont de Namur au pont de Huy.*			
Amélioration du lit.	13,000	18,000	479,050
Id. du chemin de halage.	8,000	25,000	205,120
QUATRIÈME SECTION. *Du pont de Huy au pont des Arches, à Liége.*			
Amélioration du lit.	14,000	22,000	515,900
Id. du chemin de halage.	8,000	28,000	205,120
CINQUIÈME SECTION. *Du pont des Arches à la limite du Limbourg belge, en amont de Maestricht.*			
Amélioration du lit.	10,000	16,000	368,500
Id. du chemin de halage.	10,000	16,000	256,400
Dépenses imprévues	»	»	290,800
TOTAL.		frs.	5,380,000

Si donc ces évaluations sont exactes, et que les passes soient partout applicables à la Meuse, l'amélioration du fleuve se réaliserait pour une somme d'environ *trois millions quatre cent mille francs*.

Si, contre toute vraisemblance, après les essais de 1842, le système de rétrécissement n'était pas praticable partout, il faudrait, après s'être bien assuré du fait, rechercher, par des études spéciales, les procédés à mettre en usage sur les points qui ne comporteraient pas l'emploi de ce système, et s'assurer aussi, dans l'intérêt des riverains, propriétaires, industriels, exploitants ou cultivateurs, comme dans l'intérêt de la navigation, si les barrages transversaux en lit de rivière, avec ou sans écluses, ne devraient pas être absolument rejetés.

Jemeppe, ce 20 février 1843.

H. G.

AMÉLIORATION DE LA MEUSE

EN AVAL DU PONT DE HUY.

I.

COURS DE LA MEUSE ET SON ÉTAT ACTUEL A L'AMONT ET A L'AVAL DU PONT DE HUY.

§ 1. — *Description de cette partie de la Meuse.*

Du confluent de la Méhaigne, au village de Statte, jusqu'au pont de Huy, s'étend un magnifique bassin, de 5 à 6^{m} de profondeur, avec une pente presque nulle, sur une longueur d'environ 3,000^{m}. Cette fosse, qui sans doute existe naturellement, comme tant d'autres également belles qui se partagent le cours de la Meuse, doit probablement au faible débouché qu'elle trouve à l'aval, durant l'étiage, une partie de sa profondeur; outre les piles du pont, qui occupent un grand espace, des pierres accumulées sous les arches forment un véritable barrage qui s'oppose au libre écoulement, et, s'il y a de l'eau immédiatement à l'aval, un haut-fond peu éloigné ne tarde pas à paraître.

L'aspect est ici bien différent de ce qu'il est un peu plus *haut* : six îles se succèdent dans le court intervalle de 4 à 5,000^{m}, et cinq courants se trouvent, pour ainsi dire, à la *suite* l'un de l'autre.

Le premier haut-fond est en partie l'effet des troubles et des galets charriés par le Hoyoux, qui afflue par la rive

droite, mais dont les crues soudaines, dans leur course torrentielle, lancent parfois des pierres, des fragments de roches, des débris d'usines et de constructions de toute espèce, contre le mur de quai de la rive gauche. Ses crues sont d'autant plus violentes et occasionnent des désordres d'autant plus désastreux, qu'elles surviennent fréquemment en été, par des pluies d'orage, et que son cours alors domine celui de la Meuse.

Ce haut-fond comprend toute la largeur du fleuve; il a moins de relief sur la gauche, du côté que passent les bateaux, il en a plus sur la rive droite, et, vers son milieu, il donne naissance à l'île du Perroquet, située à 100^{m} au-dessous du pont.

Le pont lui-même est une des causes de cet attérissement; par cela même qu'il forme barrage, il provoque, à l'aval des arches, un affouillement profond qui a aujourd'hui près de 7^{m}; mais aussi, quelques mètres plus loin, les matières affouillées se déposent et exhaussent l'attérissement.

Vers l'aval de l'île, dans le bras de gauche, nommé *Chenal*, est un long courant, qui, avec une tranche d'eau de 0^{m}50 à 0^{m}55 sur le gravier, a 2^{m}75 de vitesse dans sa partie la plus rapide; il est suivi d'une fosse de 200^{m} environ.

Le fond se relève ensuite sur une cinquantaine de mètres, et donne naissance à un nouveau courant, celui du *Poyou* ou de *St-Pierre*, moins rapide et plus profond, mais qui a néanmoins 1^{m}66 de vitesse.

Vient alors une belle fosse de 200 à 250^{m}, présentant 2^{m} de profondeur presque partout, quoique les eaux se dispersent par les bras des îles Dossia et Detelle, et soient ainsi perdues pour la navigation.

Après un attérissement de quelque cent mètres, qui détermine le courant des Malades, commence une assez belle eau, qui se poursuit, pendant environ 500^{m}, jusqu'au-dessous de l'île Goffin, où la fosse se prononce tout à fait et prend une profondeur de 2^{m}, sur une longueur de 400^{m}, pour ne finir qu'en tête de l'île de Corphalie.

Là, les eaux sont encore divisées par l'île et se partagent en deux bras ; le bras de gauche, qui est le seul navigable, et dont le mouillage n'est guère que de 0m70 à 0m80, sur une longueur de 300m et une largeur de 30m, a une vitesse moyenne très-modérée et se termine par un courant de 1m07 de vitesse, à l'aval des usines à zinc. Ce courant est créé par un attérissement, qui lui-même est le résultat des dépôts faits par les usines dans le lit de la rivière.

Comme tous les courants, celui-ci est suivi d'une fosse, peu étendue, il est vrai, mais ayant cependant 2m de profondeur, sur environ 200m de longueur, jusqu'au courant de Loyable, qui, sans être le plus rapide, est néanmoins, de tous ceux de ce parcours, avec une vitesse de 1m72, le plus gênant pour la navigation, à cause de sa position et de son peu de largeur. Il laisse à peine le passage d'un bateau entre la rive droite, le long de laquelle il s'est établi, et une barre de gravier qui s'étend d'écharpe, sous un angle de 15 ou 16°, et une longueur de 350m, jusqu'à l'île de Loyable.

A l'étiage annuel, l'eau déverse sur toute la crête de la barre, qui forme un seuil dont le courant, sur lequel alors il y a de 0m45 à 0m50 de hauteur d'eau, est la partie la plus abaissée ; si, comme en 1842, les basses eaux descendent au-dessous de leur niveau annuel, le déversement sur la barre diminue peu à peu, finit par cesser entièrement, et le courant, de plus en plus rétréci, en conservant à peu près le même mouillage, acquiert une très-grande rapidité : sa vitesse est alors de plus de 2m.

Après ce courant redouté de tous les bateliers, à cause des retards et des difficultés qu'ils y éprouvent, commence une belle eau, interrompue parfois par de faibles attérissements qui, ça et là, restreignent la largeur du thalweg, et, sans qu'il en résulte d'autre inconvénient, exigent seulement que le batelier connaisse bien la rivière.

Cette eau se termine par la fosse d'Ombret, la plus étendue, la plus belle de toute la Meuse.

De la fosse de Statte à la fosse d'Ombret, la pente est de 3m57, ou les deux cinquièmes de la pente totale entre le pont de Huy et la Chapelle du Paradis, à Liége. La largeur est moyennement de 130m durant l'étiage, y compris les îles.

Voici le tableau des courants qui existent entre les deux fosses.

DÉSIGNATION.	VITESSE au milieu du courant de surface.	VITESSE moyenne.	Tirant d'eau à l'étiage.	Largeur.	Longueur.	OBSERVATIONS.
	mètres.	mètres.	mèt.	mèt.	mèt.	
Aval du pont.	1,30	1,248	0,80	20	50	Cette vitesse est la même sous les deux premières arches de gauche.
Courant du *Chenal*, île du Perroquet, à l'amont. . . .	1,66	1,39	0,55	20	300	
Ibid., à l'aval	2,78	2,386	0,50			
Courant du *Poyou*, ou de St Pierre, à l'aval. . . .	1,66	1,39	0,70	20	130	
Aux Malades, à l'amont. .	1,72	1,444	0,80	25	200	
Courant del Kat ki rit, en tête de l'île de Corphalie. . .	1,07	0,87	0,80	30	170	Cette vitesse n'est notée ici et n'est remarquée des bateliers, que parce qu'elle se trouve entre deux fosses. Ce n'est pas un courant. Celui qui existait a disparu par le barrage du bras de droite.
Amont du courant de Corphalie, à la queue de l'île. . .	1,22	1, »	0,65	40	100	L'effet du barrage se fait également sentir sur ce courant.
Aval du même courant. . .	1,60	1,337				
Courant de Loyable, à l'amont.	1,66	1,39	0,40	10	200	Ce courant augmente rapidement quand les eaux s'abaissent au-dessous de l'étiage.
Ibid., à l'aval.	1,72	1,444				

§ 2. — *Régime des eaux à l'étiage et dans les crues.*

La pente se répartit diversement, selon les diverses hauteurs de la rivière, et le régime des eaux varie en même

temps; les courants prennent aussi des directions et des vitesses fort différentes, suivant les différents niveaux.

En étiage, les eaux qui passent par le bras de droite de l'île du Perroquet, viennent se jeter dans le bras de gauche vers l'aval; le courant, qui atteint son *maximum* de vitesse à l'étiage, s'affaiblit à mesure que les eaux s'élèvent et disparaît tout à fait en hautes eaux.

L'écoulement dans les deux bras s'effectue alors dans des directions à peu près parallèles.

Les courants d'aval disparaissent également, dans les mêmes circonstances; ils cessent dans le thalweg et s'établissent entre les îles, où ils diminuent graduellement par l'élévation des eaux: lorsque les crues sont à leur plus haut point, que la rivière coule à pleins bords, en conservant une vitesse générale qui résulte de la pente, la surface devient plane, et, dans le profil en long, au lieu d'une courbe sinusoïdale, elle n'offre plus qu'une simple ligne droite.

II.

PROJET D'AMÉLIORATION AU MOYEN DE PASSES NAVIGABLES.

Il est évident qu'une rivière naturellement navigable est susceptible, dans quelque partie que ce soit de son cours, d'être améliorée par rétrécissement, qu'elle se prête partout à l'emploi des passes navigables, et que, si l'on ne s'attache qu'à l'augmentation de mouillage, on la portera aussi haut qu'on le voudra.

Cela n'a pas besoin de démonstration.

Néanmoins, dans des conditions données, où l'on s'astreint, en augmentant le mouillage, à conserver une largeur de section déterminée, ou du moins à rester dans certaines limites, la possibilité subsistera peut-être toujours, quoique, de prime abord, la réussite puisse ne plus paraître aussi évidente.

Il m'a semblé possible de répartir la pente d'une manière

convenable et d'effectuer l'amélioration de cet ensemble de mauvais passages, au moyen de deux passes navigables. Je partageais en deux l'intervalle entre la fosse de Statte et celle d'Ombret, du courant du Perroquet à l'aval de l'île Goffin, et de l'île de Corphalie à la Neuville, au-dessous de Loyable. Je trouvais alors pour la première passe, en lui assignant 50 ou 25^{m} de largeur :

Volume d'eau.	Largeur de fond.	Tirant d'eau.	Superficie de la section.	Vitesse moyenne.	Périmètre mouillé.	Rayon moyen.	Valeur de Ri.	Pente par mètre.	Pente totale mesurée.	Longueur de la passe.
m.cu.	mètr.	mèt.	m. car.	mètr.	mètres.	mètr.		mètres.	mètr.	mètres.
64	50	1,30	48,375	1,323	53,4082	1,366	0,0006690	0,0004890	2,175	4445,76
»	25	»	40,875	1,565	30,4082	1,344	0,0009274	0,0006900	»	3149,27

Pour la seconde passe, avec les mêmes largeurs, j'avais :

Volume d'eau.	Largeur de fond.	Tirant d'eau.	Superficie de la section.	Vitesse moyenne.	Périmètre mouillé.	Rayon moyen.	Valeur de Ri.	Pente par mètre	Pente totale mesurée.	Longueur de la passe.
m.cu.	mètr.	mèt.	m. car.	mètr.	mètres.	mètr.		mètres.	mètr.	mètres.
64	50	1,30	48,375	1,323	53,4082	1,366	0,0006690	0,0004890	1,295	2644,17
»	25	»	40,875	1,565	30,4082	1,344	0,0009274	0,0006900	»	1875,91

Ces deux passes étaient solidaires, et le niveau de la fosse intermédiaire eût été relevé par l'effet de la jetée d'aval; mais elles auraient notablement empiété sur les deux grandes fosses qu'il s'agit de réunir, et il était à craindre qu'une longueur de plus de 4,000^{m} de passe sur un seul point ne fût pas accueillie par le conseil des ponts et chaussées. Quoique je ne pense pas, après avoir vu un bateau à vapeur et quatre

autres bateaux, se croiser dans la passe de Chokier sans se heurter, que ce fût une gêne pour la navigation, j'ai cherché à diminuer cette longueur et à me mettre dans des conditions plus favorables.

Voici par quelles considérations j'y suis parvenu.

En premier lieu, dans une réunion des bateliers de la Meuse, au mois de septembre dernier, ceux-là mêmes qui s'étaient le plus récriés contre les passes avant leur construction, m'ont demandé de rétrécir davantage celles qui pourraient être décidées à l'avenir. Quelques-uns se sont opposés à cette proposition ; mais, priés de s'expliquer et de fixer le *minimum* de largeur qui leur est nécessaire, tous ont déclaré d'une voix unanime, que *soixante pieds* étaient une largeur suffisante. D'autres bateliers, également hostiles aux passes dans l'origine, m'avaient précédemment fait la même déclaration.

Les bateliers de la Meuse se servent du pied de St-Lambert, qui vaut 0^m^2918, en sorte que soixante pieds représentent 17^m^50.

En second lieu, lors des études de la passe continue de Chokier et du Val-St-Lambert, M. l'inspecteur général me faisait remarquer sur les lieux, qu'il conviendrait peut-être de ne pas s'assujettir d'un bout à l'autre à une section constante, et qu'une interruption en tête des îles d'Yvoz, qui, au moyen d'une digue submersible dirigée de cette île sur la rive droite, formerait un bassin de quelque étendue, serait d'un grand avantage pour la navigation.

J'ai mis alors cette observation à profit.

Ne pouvant laisser de bassin en tête des îles d'Yvoz, parce que là il y avait un haut-fond qu'il fallait enlever, et que, même après le draguage, il se serait reformé de nouveau, à la faveur d'une section trop large, j'ai laissé toute sa largeur primitive au bras de gauche de l'île du Trou-du-Moulin, sur une longueur de 360^m^. Le courant de Chokier n'en a pas moins été détruit, la profondeur acquise s'est maintenue et

augmentée, et la navigation éprouve en cet endroit une facilité qu'elle apprécie très-haut.

Le même avantage sera procuré à l'aval du pont de Huy et sur une plus grande étendue.

En troisième lieu, parmi les passes de la Moselle, celle de Sierck, qui existe depuis quatre ans, est aisément remontée par les bateaux du commerce et par les bateaux à vapeur, sans aucun secours étranger, bien que la pente de surface à l'étiage y soit de 0^m0018, et la vitesse de 2^m65.

Il n'y aura de courant aussi fort en aucun point de la Meuse; cependant on peut être certain qu'un courant plus rapide encore, avec de la profondeur, ne serait pas une entrave. Sur un point semblable, lorsque la navigation est active, il s'établit des chevaux d'allége qui n'ajoutent que très-peu à la dépense d'un long parcours.

Enfin, en quatrième lieu, la vitesse n'est pas fonction de la pente seule, et, sur beaucoup de rivières, selon les circonstances locales, on voit des vitesses moindres avec des pentes plus fortes (1).

D'après ces considérations, j'établis six passes, en restreignant à 20^m la largeur des trois passes en amont et des deux dernières en aval (Pl. VI).

La première, celle du Perroquet, immédiatement au-dessous du pont de Huy, aurait son entonnoir dans la fosse de Statte et 323^m de longueur; elle s'arrêterait dans une fosse où viendraient déboucher obliquement les eaux du Hoyoux. A l'aval de ce confluent, resterait un intervalle de 135^m de long sur toute la largeur de la fosse.

(1) « La variété des largeurs et profondeurs d'eau dans les diverses circonstances, empêche de trouver aucune relation générale entre les vitesses, les pentes et les périmètres mouillés. » *Programme ou résumé des leçons d'un cours de construction*, etc; par M. J. Sganzin, inspecteur général des ponts et chaussées. Paris, 1840.

La vitesse du Rhône en basses eaux, la pente étant de 0^m00056, est, à Beaucaire, de 2^m60; celle de la Seine à Paris, dans les mêmes circonstances, la pente étant de 0^m00055, est de 1^m, et la même rivière, au même endroit, avec une pente de 0^m0006, a, en hautes eaux, une vitesse de 1^m90. *Ibid.*

Une seconde, la passe de St-Pierre, aurait 505m de long, et se terminerait dans une fosse qui formerait encore un bassin de 90m.

La passe d'Antheit, qui vient après, aurait 584m et déboucherait dans la fosse d'aval, avec bassin de 200m.

La quatrième, ou passe de Corphalie, longue de 625m, aurait 25m au plafond, et un bassin de 250m.

Puis viendrait la passe de Loyable, sur 500m de longueur, et celle d'Ampsin, qui en aurait 406, précédée d'un bassin de 90m.

La longueur totale des bassins serait de 652m50, et leur surface ensemble de 61,400m², ainsi répartis : passe du Perroquet 8,100m², St-Pierre 5,400m², Antheit 18,000m², Corphalie 20,000m², et Ampsin 9,900m² ; de plus, les entonnoirs en amont des passes auraient respectivement 385m, 135m, 100m, 200m, 220m et 200m.

La partie améliorée reliant entre elles les fosses de Statte et d'Ombret, y compris les bassins, serait ainsi de 4,835m50.

Je laisse donc des élargissements de distance en distance, j'applique les belles expériences de Venturi sur les conduits variqueux (1), en prenant toutefois pour varices des fosses naturelles, dont les propriétés sont connues relativement à la marche du gravier ; car je n'aurais pas osé pratiquer des élargissements artificiels, tels que les propose Buffon (2).

La largeur *minimum* au plafond sera de 69 pieds, et de 84

(1) Ce physicien a substitué un tuyau variqueux à une ajutage cylindrique ; la masse fluide qui s'écoule en 109″ par l'ajutage, emploie 147″ avec une varice, 192″ avec trois varices, et 240″ s'il y en a cinq. *Recherches expérimentales*, etc ; par J. B. Venturi. Paris, 1797.

(2) En parlant des crues et des désastres qu'elles causent, Buffon a dit : « On pourrait prévenir en partie ces effets de la fureur de l'eau, en faisant, de distance en distance, de petits golfes dans les terres, c'est-à-dire, en enlevant le terrain de l'un des bords jusqu'à une certaine distance dans les terres ; et pour que ces petits golfes soient avantageusement placés, il faut les faire dans l'angle obtus des sinuosités du fleuve ; car alors le courant de l'eau se détourne et tournoie, ce qui en diminue la vitesse. » Buffon, *Théorie de la Terre*.

pieds à la surface : c'est 7[m] en sus de ce que demandent les bateliers.

Plus les passes sont courtes, plus est prompt l'approfondissement par l'action des eaux, en sorte que, dans toutes ces passes, où je propose de porter les draguages à 1[m] au-dessous de l'étiage, il est vraisemblable que l'approfondissement devancera celui des passes qui ont plus d'étendue.

La vitesse moyenne résultant de la pente, qui est de 0[m],000738, serait de 1[m]60, encore doit-on supposer qu'elle sera moindre, la vitesse réelle ayant toujours été trouvée jusqu'ici, dans toutes les passes, de beaucoup inférieure à la vitesse théorique.

Au pis aller, et dans la supposition la plus défavorable, si cet ensemble ne devait pas être regardé comme composant deux grandes passes dont les diverses parties sont solidaires, et comprennent, la première les trois passes d'amont, et la seconde les trois passes d'aval, il faudrait toujours considérer les trois premières comme une seule, et voici les conditions particulières à chacune d'elles.

La première passe formée de trois, du Perroquet, de St-Pierre et d'Antheit, s'étend, sur une distance de 2,100[m], de la fosse de Statte à celle de Corphalie ; la pente totale est de 2[m]173, en sorte que pour 20[m] de largeur au plafond, avec mouillage de 1[m]50, on a les résultats suivants :

Volume d'eau.	Largeur de fond.	Tirant d'eau.	Superficie de la section.	Vitesse moyenne.	Périmètre mouillé.	Rayon moyen.	Valeur de Rl.	Pente par mètre.	Pente totale mesurée.	Longueur de la passe.
m.cu.	mèt.	mèt.	m. car.	mètr.	mètres.	mètr.		mètres.	mètr.	mètres.
64	20	1,50	33,375	1,917	25,4082	1,313	0,0005941	0,0000617	2,175	2,046,71

La longueur de 2,100[m] est donc plus que suffisante pour racheter la pente mesurée, les deux varices devant d'ailleurs contribuer à ralentir la vitesse donnée par le calcul.

Quand bien même l'effet des varices ne réagirait point sur les parties dont la section a servi de base à ce calcul, en supposant même qu'il y eût accélération de l'écoulement dans ces parties, il vaudrait mieux pour la navigation avoir une vitesse plus forte sur des longueurs de 323m, 505m et 584m, avec des repos intermédiaires, qu'une passe continue de plus de 2,000m, avec une vitesse moyenne qui ne serait pas sensiblement moindre.

Les trois dernières passes rachètent ensemble 1m39, et séparément :

La passe de Corphalie, par une longueur de 625m, une pente de 0m4312 ;

La passe de Loyable, par une longueur de 500m, une pente de 0m5300;

La passe d'Ampsin, par une longueur de 406m, en rachète une de 0m4303.

Il n'y a donc pas à craindre que le mouillage cherché ne soit pas obtenu.

La pente comprise dans les passes de Huy et de Chokier est de 5m21, de manière que pour compléter l'amélioration entre Huy et Liége, sur un espace d'environ 28,000m, il ne resterait plus à racheter qu'une pente de 3m69.

La distance totale du pont de Huy à la Chapelle du Paradis est, par la Meuse, de 33,400m.

III.

AMÉLIORATION PAR BARRAGES ÉCLUSÉS.

§ 1. — *Barrages éclusés seuls.*

Après avoir présenté, non-seulement la possibilité, mais les avantages d'une amélioration au moyen des passes navigables, je pourrais peut-être me dispenser de recourir à d'autres modes de perfectionnement, le mieux étant parfois

l'ennemi du bien; mais le conseil des ponts et chaussées a desiré qu'une comparaison fût établie entre l'emploi des passes et celui des barrages transversaux avec écluses, je vais donc examiner ce mode d'amélioration pour le point dont il s'agit.

La pente depuis le pont jusqu'à l'aval de Loyable étant de $3^{m}57$, et les débordements dans la vallée, vers la rive droite, commençant à une moindre hauteur, il est impossible d'opérer, au moyen d'un seul barrage, l'amélioration cherchée.

Il n'est pas facile non plus d'en placer deux.

Leur position devant être déterminée par celle des hauts-fonds, j'aurais voulu en mettre un à l'aval de l'attérissement indiqué au profil n° 14, distant du pont de Huy de 885^{m}, et dont la cote d'eau est inférieure de $1^{m}03$ à celle de la fosse de Statte. En relevant l'étiage en ce point de $2^{m}03$, on le relevait bien aussi de 1^{m} au pont de Huy et sur le courant du Perroquet, condition à laquelle il faut satisfaire; mais toute la fosse, jusqu'au confluent de la Méhaigne, recevait le même exhaussement, résultat fâcheux à la fois et dangereux: fâcheux, en ce que ce serait ne pas utiliser une très-belle fosse, et dangereux, en ce que, lors des crues, les inondations deviendraient redoutables pour la ville de Huy et deux de ses faubourgs.

J'avais encore pensé qu'un premier barrage pouvait être établi à l'aval du haut-fond des Malades, dans la passe d'Antheit, qui précède la fosse de Corphalie, au profil n° 25, à 1713^{m} du pont et à $2^{m}108$ en contre-bas de la fosse de Statte; mais c'était s'obliger à relever le niveau de $3^{m}108$ à ce profil, pour avoir $1^{m}50$ au pont de Huy, et par conséquent c'était relever encore de 1^{m} toute la fosse en amont du pont.

Un avantage que pourrait sembler produire cette surélévation du niveau de la Meuse, outre le mouillage et le ralentissement de vitesse pour la navigation, c'est l'obstacle opposé aux crues du Hoyoux, dont la violence serait amortie par la masse fluide qui entraverait leur marche torrentielle;

mais, en compensation, il est vraisemblable que les pierres et les galets charriés par cet affluent, qui ont déjà contribué à former les premières îles, ne tarderaient pas, l'écoulement n'étant plus libre, à exhausser le fond et à remplir le bief.

Ces inconvénients manifestes rendaient superflue la recherche d'un emplacement pour le second barrage.

§ 2. — *Barrage éclusé avec passes navigables.*

Un seul barrage avec deux passes, l'une en amont, l'autre en aval, m'a paru dans de meilleures conditions et préférable à tous les égards.

Du pont de Huy au profil n° 48, sur le haut-fond de Loyable, il y a 3,015^m, avec pente de 2^{m}907 et une profondeur moyenne de 0^{m}60. En plaçant à ce profil un barrage sur la crête duquel la ligne d'eau serait à 3^m en contre-haut de la barre de gravier, le plan de niveau partant de cette ligne irait couper le plan de l'étiage naturel en amont, au profil n° 7, à 330^m au-dessous du pont.

La longueur du barrage serait de 110^m.

Voulant que la tranche d'eau ne fût qu'à 2^{m}40 au-dessus de l'étiage observé à Loyable, hauteur qu'il m'a semblé prudent de ne pas dépasser, j'ai calculé le gonflement par la formule $x = 0{,}64\sqrt[3]{\frac{Q^2}{L^2}}$, qui donne $x = 0^m69$, et j'ai trouvé pour la hauteur de la crête, 2^{m}30, ou 1^{m}70 au-dessus de l'étiage du profil n° 48.

Il ne serait pas exact de supposer que le plan d'eau déterminé par le gonflement sur le barrage, coupe le plan d'étiage actuel au profil n° 7 : cela ne serait vrai que si ce plan était horizontal ; mais il ne l'est pas, et il y a, au profil dont il s'agit, un remous exprimé par y, dans la formule

$$y = \sqrt[5]{\frac{H^5}{H^5 + \frac{1}{9}(px)^6} + (px)^5} - px,$$

qui donne $y = 0^m67$ pour la hauteur de ce remous, en sorte que là encore l'étiage sera relevé, et il le sera de 0^m67.

A l'amont du pont de Huy, le remous calculé qui se ferait ressentir jusqu'au confluent de la Méhaigne, à plus de $6{,}000^m$, serait encore de 0^m269. En réalité, il s'élèverait davantage, ainsi que l'indique l'expérience sur d'autres rivières.

Afin que la navigation n'ait à courir aucun risque par le fait du barrage, l'écluse serait placée près de la route, dans le bras de gauche de l'île, de manière que ce bras servît de gare pour le stationnement des bateaux.

L'amélioration produite par le barrage éclusé ne s'étendrait pas jusqu'au pont de Huy, pas assez du moins pour qu'elle pût suffire : il faudrait encore faire disparaître le courant du Perroquet et augmenter la profondeur au courant de St-Pierre, ni l'un ni l'autre de ces courants n'étant suffisamment couvert par les eaux de la retenue, quoique leur surélévation soit de 0^m69 au-dessus du plan de niveau passant par la crête du barrage. Il faudrait aussi assurer un plus fort mouillage à l'aval de Loyable. Mais deux passes navigables de 1000^m chacune, achèveraient l'amélioration, et sans doute je n'ai pas besoin de prouver que ces deux passes se trouveraient dans des conditions assez favorables pour que le succès en fût certain d'avance, avec des largeurs de 30 à 35^m au plafond. La pente à racheter serait, pour la première, de 0^m25, et pour la seconde, de 0^m663. Les effets du remous, pour la passe d'amont, s'ajouteraient aux causes avantageuses et propres à garantir les résultats.

Il conviendrait, avant d'exécuter cet ouvrage, de discuter la forme, la disposition horizontale de la digue, le profil d'amont et d'aval, et toutes les circonstances d'où dépendent sa stabilité et ses bons effets ; mais ces détails importent peu quant à présent.

Ce qui importe plus, c'est de constater que si un barrage transversal est possible sur la Meuse, ce dont je doute encore, c'est en ce point qu'il est le mieux placé, soit pour les bateaux

du commerce, soit pour les bateaux à vapeur. Ces derniers y feraient une escale obligée entre Liége et Namur; mais on pourrait toutefois en abréger la durée, leur passage étant prévu et à heure fixe.

IV.

ÉVALUATION DE LA DÉPENSE.

§ 1. — *Passes navigables.*

La dépense relative à chacune des passes projetées est établie dans les devis estimatifs joints au projet; le tableau suivant en présente le résumé pour chacune d'elles.

NATURE DE LA DÉPENSE.	PASSE du Perroquet.	PASSE de St. Pierre.	PASSE d'Antheit.	PASSE de Corphalie.	PASSE de Loyable.	PASSE d'Ampsin.	TOTAL.
	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.
Jetées d'enrochement. .	35,236 76	11,049 50	10,317 70	14,584 98	3,024 54	25,653 84	99,667 32
Couronnement en moellons débrutis. . . .	3,958 50	3,160 50	2,971 50	4,268 25	2,068 50	3,228 75	19,656 00
Dommages à la en contre-bas de l'étiage annuel.	5,111 026	9,095 525	5,087 05	918 75	15,293 40	12,493 75	46,001 28
Rochers à sec.	»	707 25	811 96	»	14,080 44	»	15,599 65
TOTAUX.	44,306 286	24,012 575	17,188 19	19,571 98	99,466 88	39,378 34	180,924 25

J'ai porté le couronnement des jetées en moellons débrutis, parce que, auprès d'une ville commerçante et industrielle, il m'a semblé que la construction demandait un peu plus de soin qu'en pleine campagne, et aussi que, lorsque l'eau s'élève au-dessus du couronnement, il y a moins de danger pour les bateaux qui viendraient à s'y heurter.

§ 2. — *Barrage éclusé avec passes navigables.*

M. l'ingénieur en chef du Limbourg, dans un rapport à M. le ministre des travaux publics sur l'amélioration de la navigation de la Meuse entre Liége et Maestricht, évalue à 333,000 fr. la dépense pour une écluse, avec barrage formé d'ouvertures laissant un débouché de 140^{m}. Je crois cette estimation plutôt trop faible que trop forte, et, dans de semblables constructions, les accidents et les travaux imprévus doublent quelquefois la dépense; je m'y tiens cependant, dans la supposition qu'elle a déjà l'assentiment du conseil des ponts et chaussées.

La dépense totale, dans l'hypothèse d'un barrage avec une seule écluse, qui, insuffisante dans ma conviction, exigerait encore l'établissement de deux passes de 1,000^{m} chacune, serait donc :

Barrage, écluse, maison éclusière et tous les accessoires	333,000 fr.
Deux passes navigables de 1,000^{m} chacune, déduites de la moyenne des six passes calculées ci-dessus	120,000
TOTAL.	453,000 fr.

Je ne crois pas que ce total de la dépense présumée puisse être suspect d'exagération.

§ 3. — *Comparaison de la dépense dans les deux systèmes.*

La dépense de premier établissement pour les passes navigables est la moins élevée; mais la différence de 272,075 fr. 75 n'est pas la seule à considérer : il faut aussi avoir égard aux dépenses d'entretien, nulles ou à peu près pour les passes, et très-élevées pour le barrage éclusé. Indépendamment du personnel nécessaire à la manœuvre de

l'écluse et des ouvertures du barrage, les dégradations annuelles, inévitables par les glaces et par les crues, constituent l'intérêt d'un très-fort capital, et ces dépenses doivent être mises en ligne de compte.

Je laisse au conseil à les apprécier, et je termine par quelques observations que mon devoir me paraît m'obliger à lui soumettre.

V.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET RÉSUMÉ DES FAITS PROPRES A DÉTERMINER LE MODE D'AMÉLIORATION QUI DOIT ÊTRE PRÉFÉRÉ.

De 1814 à 1839, époque à laquelle le gouvernement a repris l'administration de la Meuse, ce fleuve n'avait attiré l'attention d'aucun ingénieur.

Avant 1814, MM. Lejeune et Deschamps sont les seuls, que je sache, qui se soient sérieusement occupés de son amélioration, et tous deux, dans le but d'assurer un fort mouillage, ont indiqué des *barrages longitudinaux* (1).

En l'an IX, M. Lejeune proposait de rétablir la rivière *dans son ancien état*, et de lui rendre un mouillage de $1^{m}20$ (2).

En 1807, M. Deschamps voulait construire une digue en clayonnage à la tête des îles Gossuen, entre Liége et Maestricht, « pour barrer le bras de droite de ces îles, forcer les eaux à se porter dans le bras de gauche, et, par suite, remédier aux attérissements et hauts-fonds qui existent au-dessus et dans le bras navigable (3). »

Relativement à la dispersion des eaux au-dessous du pont de Huy, le même ingénieur disait : « On remédierait *facile-*

(1) *Mémoires du 1er et du 26 frimaire an IX, sur l'état de la navigation dans les départements de Sambre-et-Meuse et de l'Ourthe;* par M. LEJEUNE, ingénieur en chef de la direction de Sambre-et-Meuse.

(2) *Ibid.*

(3) *Mémoire sur les ouvrages les plus pressants à exécuter pour la navigation des rivières de Meuse et d'Ourthe, pendant l'exercice* 1807; par M. DESCHAMPS, ingénieur en chef du département de l'Ourthe.

ment à cet inconvénient, en barrant le passage qui se trouve entre la première île et la rive de la Meuse, par une digue fort basse, en clayonnage, piquetage, fascinages, terres et graviers. Cette digue serait peu attaquée par les eaux, puisqu'elle en serait surpassée pour peu qu'elles vinssent à croître, et qu'elle les forcerait toutes à passer dans le bras destiné à la navigation, lorsqu'elles seraient basses. Ce qui d'ailleurs produirait l'effet de *rétablir* par la suite la *rivière dans un seul bras*, en déterminant des attérissements successifs dans celui qui aurait été barré (1). »

C'est ce genre d'amélioration qui m'a paru le plus sûr, le plus avantageux pour la Meuse, et je puis ajouter aujourd'hui, le seul praticable.

Si, de 1814 à 1839, un fleuve si important, malgré les plaintes multipliées du commerce et du batelage, n'a donné lieu à aucun projet, c'est que la Meuse est une rivière *sui generis*, et que les difficultés qu'elle présente sont de nature à rebuter un ingénieur dont presque tous les moments sont déjà réclamés par un autre service. Aussi, pour se débarrasser de ces difficultés, à une époque où l'activité de la navigation, à l'aval de Liége, appelait des améliorations devenues indispensables, on n'avait rien trouvé de mieux que l'établissement d'un canal latéral.

A l'amont de Liége, on ne proposait rien, et M. l'ingénieur en chef de la province de Namur, consulté, en 1825, sur les améliorations dont la navigation était susceptible, répondait : « Les chemins de halage n'exigent que *quelques améliorations* successives, auxquelles *les revenus ordinaires de la Meuse peuvent suffire*. Quant au lit de la rivière,..... les améliorations consisteraient *principalement* en curements, pour donner à *quelques passages* une profondeur uniforme. »

Si, depuis 1839, on a jugé qu'il y avait quelque chose à faire dans cette partie, où précédemment on ne regardait comme utile *que quelques améliorations successives au chemin*

(1) *Mémoire sur les ouvrages les plus pressants*, etc ; par M. DESCHAMPS.

de halage, c'est qu'apparemment il était survenu quelque fait nouveau.

Ce fait, je le pense, pourquoi ne pas le dire? C'était la nomination d'un ingénieur chargé de l'étude générale du fleuve, les recherches auxquelles il s'était livré et la publicité donnée à son travail.

Il était naturel que l'attention se portât sur la rivière qui en était l'objet, par cela seul que ce travail était nouveau.

Des ingénieurs m'ont dit alors qu'ils avaient *toujours pensé* que jamais on n'améliorerait la Meuse que par des *travaux en longueur*. Cela ne laissait pas d'avoir quelque analogie avec les chenaux artificiels ou passes navigables, et cette observation peut-être en justifiait l'emploi.

Quelques-uns, il est vrai, m'ont prédit le contraire. Ils m'ont annoncé que ce système n'améliorerait rien, que des digues longitudinales pouvaient bien créer des passes moins difficiles, en donnant plus d'eau sur un haut-fond, mais *avec augmentation de vitesse*, et qu'elles ne feraient que *déplacer l'obstacle*.

D'autres ont mis alors en avant les barrages éclusés, par cette considération, que des barrages éclusés, ont été établis avec succès sur plusieurs rivières.

Cet argument, si c'en est un, est applicable également aux passes navigables.

Mais les propositions très-soudaines, très-peu étudiées par conséquent, de barrages éclusés, sont, je pense, tout à fait inadmissibles, et je vais essayer de l'établir.

J'écarte, bien entendu, le projet d'un canal latéral. Il est, en effet, évident que, si l'on compte pour rien la dépense, aucune objection ne peut s'élever contre un semblable projet, en ce qui concerne le succès de l'exécution ; mais, même après son exécution, il resterait encore la possibilité d'améliorer la Meuse, et peut-être cette amélioration serait-elle plus vivement demandée.

Réduire une rivière navigable à fournir les eaux propres à

l'alimentation d'un canal, c'est n'en pas tirer parti : c'est l'abandonner, au lieu de l'améliorer. C'est un aveu d'impuissance.

Je n'envisage donc ici l'emploi des barrages transversaux, éclusés ou autres, que sous deux rapports, comme système unique d'amélioration, ou comme système mixte.

Comme système mixte, l'expérience en est faite, et elle n'est pas heureuse : elle justifie pleinement l'opinion de M. Deschamps, celle de M. Frimot, de beaucoup d'autres, et l'unanimité des quinze ingénieurs chargés de l'étude de la Seine, qui tous l'ont condamné de la manière la plus absolue, et l'ont rejeté, à cause des inconvénients qui en sont inséparables.

On peut en juger aujourd'hui dans notre voisinage même, par les travaux de la Meuse française, qui, parfaitement exécutés d'ailleurs et peut-être les plus convenables dans cette partie de la rivière, sont cependant une source de retards, d'interruption, *de périls*, et, partant, de réclamations pour le batelage. Les retards proviennent, en descente, du passage des écluses et du parcours des dérivations; les interruptions se prolongent par les moindres gelées de l'hiver, qui maintiennent des glaces très-longtemps et à une grande profondeur, dans toutes les coupures éclusées, et les périls naissent des barrages transversaux, sur lesquels les bateliers n'évitent qu'à grand'peine et à grands frais, d'être jetés avec leurs bateaux pendant les crues, la vitesse étant très-forte à l'amont des barrages, sur 2 et 300^{m} de longueur.

Comme système unique, les barrages transversaux ne sont pas applicables à toutes les rivières : il faut que la pente et l'encaissement se prêtent à ce genre d'ouvrage.

On conçoit, en effet, que l'Oise, avec sa pente de 0^{m}0001 par mètre, dont les eaux s'écoulaient avec lenteur, ait été perfectionnée par des barrages transversaux. En élevant la ligne de flottaison, on n'a que légèrement modifié son régime : on ne l'a pas changé. Encore l'ingénieur habile qui a fait ce travail, n'a-t-il relevé l'étiage que de 0^{m}30 à 0^{m}40, parce

qu'il savait bien que, s'il l'eût relevé davantage, l'amélioration eût été douteuse et les travaux compromis. Malgré le juste rapport et la conformité de ces travaux avec le régime de la rivière, les barrages ne sont effacés, selon l'ingénieur qui les a faits, que par des crues de 0^m85 au-dessus de leur crête, et, selon M. Minard, que par des crues de 2^m (1).

Sur d'autres rivières, il en est tout autrement, et dès que les barrages altèrent le régime des eaux, qu'ils sont avec lui en opposition, ils entraînent les plus graves désordres. C'est ainsi que, sur le Tarn, des barrages que n'effacent pas des crues qui les dépassent de 4^m et plus, occasionnent d'effroyables dégâts en amont.

Il n'est pas d'ailleurs très-facile de prévoir jusqu'où s'étend le gonflement d'amont. « Ainsi, dit M. Minard, l'influence du barrage de St-Maur, sur la Marne, se fait sentir à $10{,}000^m$ du barrage, $4{,}000^m$ au delà du point où le niveau de la retenue rencontrerait la pente naturelle de l'étiage; le remous à ce dernier point, est de 0^m13, et au premier point, de 0^m04. L'influence du barrage de Sampigny, sur l'Oise, se fait sentir à $21{,}000^m$ du barrage, $16{,}000^m$ au-dessus du point jusqu'où s'étend le niveau de la retenue, et le remous, à ce dernier, est de 0^m25, et au premier, de 0^m10 (2). »

Cette extension du gonflement produit par un barrage, renferme, à la vérité, quelques avantages; mais elle a de funestes effets lors des crues.

Il faut entendre M. Girard de Caudemberg déplorer les désastres survenus coup sur coup aux ouvrages établis pour assurer la navigation de l'Isle.

« Les ingénieurs successivement chargés des projets n'avaient rien épargné pour s'entourer de toutes les lumières que la connaissance parfaite des localités, l'état de la science et

(1) *Cours de construction des ouvrages qui établissent la navigation des rivières et des canaux;* par M. MINARD, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées. Paris, 1841.

(2) *Ibid.*

les principes de l'art avaient pu leur procurer. Ces projets, soumis aux délibérations du conseil des ponts et chaussées, avaient reçu de nombreuses modifications qui les avaient incontestablement améliorés. On avait mis en œuvre les meilleures méthodes de construction pour les exécuter. Cependant, dès l'automne de 1824, des avaries très-majeures se déclarèrent; trois écluses furent tournées, et beaucoup d'autres dégradations moins importantes exigèrent un prompt remède; on fut forcé d'apporter de nombreuses modifications aux projets approuvés, et l'on s'en promettait un plein succès. Cependant l'hiver de 1825 fit disparaître ces illusions; de nouvelles avaries se présentèrent; les trois déversoirs construits eurent, à deux reprises, leurs risbermes ou leurs enrochements enlevés; deux fois ils furent à la veille d'être tournés par leurs extrémités, et ne durent, pour ainsi dire, qu'au hasard, d'échapper à cette avarie d'un nouveau genre. Les pérés, les avant-radiers furent entraînés, et les fascinages s'affaissèrent (1). »

(1) *Mémoire sur les causes des avaries successives arrivées aux ouvrages de la navigation de l'Isle*, etc; par M. Girard de Caudemberg, ingénieur des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées, t.* XIV. Paris, 1835.

A la Truchère, sur la Seille, près de son confluent dans la Saône, fut commencé un barrage transversal, digue pleine en maçonnerie, formant déversoir de surface. « On ne fit pas attention que les crues de la Seille arrivant toujours avant celles de la Saône, cet ouvrage aurait à soutenir une grande charge d'eau et serait sujet à des affouillements à l'aval..... Il ne put résister à la première épreuve, et fut emporté avant même que les recouvrements fussent posés. » *Notice sur le barrage de la Truchère;* par M. Delarue, ingénieur des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées, t.* XVI Paris, 1836.

Au même barrage, « deux risbermes de pieux et palplanches protégent le barrage à l'amont et à l'aval; cependant les affouillements ont été très-considérables, et leur profondeur a été dans quelques endroits de 5 à 6^{m}. Pour prévenir les suites désastreuses qu'ils pouvaient avoir, on a été forcé de former des enrochements dont le cube s'est élevé à plus de 3000^{m3} de gros libages, et tous les deux ou trois ans, il faut encore les recharger et les étendre. » *Ibid.*

« Il arrive aussi fréquemment que, par suite des chocs qui s'opèrent à l'époque de l'ouverture des pertuis, des chaînes viennent à casser. Lorsque ces accidents arrivent, les poutrelles sont perdues, ce qui exige d'en avoir en approvisionnement pour remplacer celles qui viennent à manquer. C'est surtout par les débâcles de glaces que ces pertes sont plus considérables. » *Ibid.*

M. Girard de Caudemberg regarde les causes de ces désastres comme « *trop générales* pour ne pas se représenter, avec plus ou moins d'énergie, *sur toutes les navigations qui seront entreprises*, » et, dans son opinion, il est très-difficile d'éviter des avaries majeures aux travaux établis en lit de rivière, sous l'influence des circonstances défavorables suivantes : « Quand le sol sur lequel on doit fonder les ouvrages est affouillable, lorsque les rives sont facilement corrodées, et sous un régime de rivière qui comporte des crues fréquentes et élevées (1). »

Malheureusement ces circonstances défavorables se rencontrent dans toutes les parties de la Meuse, séparément quelquefois, presque toujours réunies.

Les accidents survenus aux barrages et aux déversoirs de l'Isle, signalés par M. Girard de Caudemberg, ne sont pas à craindre pour les jetées d'enrochement des passes navigables, et c'est une observation du même ingénieur qui le garantit, avec d'autant plus d'autorité qu'elle est faite à l'occasion d'un tout autre système.

« Il est certain que les extrémités des déversoirs des moulins sont rarement tournées, quoique l'on ne fasse d'ailleurs aucun ouvrage dans l'intention de les préserver, et qu'on n'y trouve ni les pérés ni les fascinages ordinairement destinés à cet emploi. On ne peut chercher la raison de ce fait que dans la disposition de ces déversoirs, en écharpe sur le cours de la rivière, et de manière à se rattacher à la rive sous un angle très-aigu, dont l'ouverture est tournée vers l'aval (2). »

Parmi les moyens propres à faciliter la navigation en remonte, Sganzin indique « l'établissement, de distance en distance, de barrages transversaux, qui, relevant le plan d'eau, augmenteraient la profondeur, et par suite le débouché, et réduiraient la pente superficielle des eaux et leur vitesse dans les intervalles des barrages. » Mais, dit-il, « outre

(1) *Mémoire sur les causes des avaries*, etc ; par M. Girard de Caudemberg.
(2) *Ibid.*

les chances *d'attérissement sur le fond et les rives*, qui nécessiteraient *des draguages permanents*, si la rivière charriait beaucoup de troubles ; outre les chances *d'affouillement en aval des barrages*, si le lit de la rivière n'était pas résistant ou protégé par des ouvrages d'art ; il y a de plus, dans ce moyen, *s'il est fixe et permanent*, moins prompte évacuation des crues, *chances de submersion pour les terrains en amont*, et, si le barrage est amovible, *il y a une manœuvre pénible à faire à chaque crue*. » Et plus loin : « l'expérience a démontré que la plupart des déversoirs avaient été emportés par des crues (1). »

Sur une rivière comme la Meuse, il conviendrait peut-être de ne construire que des barrages composés de piles, dont les intervalles, fermés en basses eaux par des poutrelles, laisseraient un passage ouvert aux hautes eaux. Mais ce mode de construction, le seul que je croie praticable, ne donne pas une sécurité entière, même à ne le considérer que sous le rapport du libre écoulement pendant les crues ; les cataractes qui s'établissent alors dans les pertuis du barrage, comme celles que l'on remarque sous les ponts et qui ont donné lieu aux observations faites par M. Vicat au pont de Souillac (2), présentent des chutes considérables, et, par suite, de très-fâcheuses conséquences.

Il faudrait peut-être plus d'une écluse à quelques-uns des barrages, pour suffire à l'activité de la navigation, et chaque écluse devrait, outre les portes extrêmes, avoir une paire de portes intermédiaires, afin d'être pourvue de deux sas au moins, pour le passage des bateaux de grandes et de petites dimensions.

Resterait encore à assurer le passage des trains de bois, con-

(1) *Programme ou résumé d'un cours de construction*, etc ; par M. J. Sganzin.

(2) *Note sur les différences des niveaux simultanés que peuvent prendre les eaux d'une rivière aux abords d'un pont, pendant une grande crue* ; par M. Vicat, ingénieur en chef des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées*, *t.* XVII. Paris, 1836.

tinuels et si nombreux en toute saison, sur tout le cours de la Meuse.

Enfin, à l'amont des écluses, il faut un bassin ou une gare pour le stationnement des bateaux, et « cela, dit Sganzin, est indispensable sur les fleuves sujets à des crues et débâcles (1).»

Les avantages d'une voie navigable ne s'apprécient guère pour le commerce que par le bas prix des transports, en sorte que l'amélioration qui lui paraîtra toujours préférable est celle qui lui procurera le moins de retards avec le moindre fret. Cette considération n'a pas échappé à Sganzin : « La dépense annuelle jointe à l'intérêt des dépenses premières des barrages, aux draguages annuels, se résument d'ailleurs en droits de péage, lesquels doivent être mis en regard des plus values que paye la navigation ascendante par la trop grande vitesse de la rivière. Comme le passage par les pertuis ou écluses des barrages allonge le temps du trajet, et augmente ainsi indirectement la dépense des transports, il faudra également faire entrer cet élément dans la comparaison. »

« D'ailleurs, ajoute-t-il, l'emploi des barrages est souvent fort difficile *dans les parties inférieures du cours de la plupart des rivières sujettes à des crues violentes, lorsque leurs rives sont basses et formées d'alluvions* (2). »

Il est de fait que, sur la Sambre, les fosses se remplissent de gravier, et que, selon l'observation de M. le colonel De Puydt, le fond se relève chaque année, de telle sorte que le mouillage n'y est plus que de $1^{m}20$.

M. Vifquain a fait la même observation sur la Haute-Sambre (3).

Beaucoup d'autres rivières offrent des exemples d'attérissements provoqués à l'amont des barrages par le ralentisse-

(1) *Programme ou résumé*, etc; par M. J. Sganzin.
(2) *Ibid.*
(3) *La navigation de la Belgique vers Paris*, etc; par M. Vifquain, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées. Bruxelles, 1840.

ment de vitesse, et, à l'aval, par les affouillements qui résultent de la chute des eaux. Il est assez vraisemblable que le même système de canalisation produirait les mêmes effets sur la Meuse, et que, de plus, dans sa partie inférieure, l'emploi des barrages serait *fort difficile*.

Dans cette partie, en effet, la rivière qui déjà, livrée à son cours naturel, abandonne si aisément son lit pendant les crues, parce que ses rives sont moins résistantes que le fond, doit infailliblement tourner les barrages, quand ces mêmes rives, détrempées pendant toute l'année par la surélévation permanente de la ligne de flottaison, seront attaquées par les hautes eaux, après les fortes gelées de l'hiver.

La nécessité d'ouvrir les passages des digues pendant les crues et les débâcles, fait que parfois il n'y a plus un assez fort mouillage dans les décrues. C'est ainsi que le 23 janvier 1841, dans un moment où la Meuse, après la débâcle, était à peine navigable, un bateau chargé de 13 tonneaux ne pouvait descendre la Sambre. Il était arrêté à l'écluse de Golzinne, faute d'eau (1).

Telles sont, indépendamment de quelques difficultés d'exécution et de détail, et pour ne pas reproduire ce que j'ai antérieurement exposé, les principales objections contre l'emploi des barrages éclusés sur la Meuse. Elles me paraissent très-graves et m'ont longtemps préoccupé. J'avoue que si, au lieu de passes navigables, j'avais proposé ce système, je ne saurais que répondre aux difficultés qu'il soulève : je serais fort embarrassé pour les résoudre de manière à satisfaire le conseil des ponts et chaussées.

J'ai tâché précédemment de constater les avantages propres aux passes, je puis donc me borner à bien peu de mots en ce qui les concerne.

(1) « La remise en place des poutrelles, dans les sept pertuis du barrage de la Truchère, exige une journée. » *Notice sur le barrage de la Truchère ;* par M. Delarue.

D'abord, ce n'est pas entièrement une innovation : les travaux sur la Loire dans le siècle dernier en font foi.

C'est déjà quelque chose, et j'insiste sur ce point.

Depuis, avant qu'on en construisît sur la Midouze, sur la Meuse, sur la Moselle, avant les ouvrages de M. Lemierre auprès de Nantes, MM. de Prony et Sganzin, dès 1806, en avaient proposé l'emploi à Venise, pour le dégorgement du Malamocco, et dans leur mémoire à ce sujet, on lit : « Ces ouvrages seraient à peu près semblables à ceux que, dans une même circonstance, on a ingénieusement établis dans le Zuiderzée. A l'embouchure de sortie de cette mer dans le détroit du Texel, avant la construction des digues en entonnoir, le port du Helder n'avait qu'une profondeur d'eau insuffisante pour les vaisseaux ; à peine ces ouvrages ont-ils été établis, que le courant augmenté a creusé le port du Helder, qui n'est qu'un véritable chenal, et aujourd'hui il y a 25 à 30 pieds d'eau (8m15 à 9m70). »

Ils ajoutent que « ce résultat est parfaitement d'accord avec la théorie (1). »

Cela rappelle le jugement de Perronet sur les travaux de la Loire, qui lui parurent « conformes aux règles de l'hydraulique et de la plus saine théorie (2). »

Il est assez remarquable que l'effet des jetées, même en hautes eaux, ne soit pas totalement perdu : leur action suffit encore pour diriger la masse fluide vers le thalweg et pour y déterminer le plus fort courant.

Plusieurs ingénieurs en ont fait l'observation (3).

C'est ainsi que, sur une route en déblai, dans une vallée étroite, dans les rues d'une ville, le vent, quelle que soit sa direction, s'engouffre dans les déblais, suit les sinuosi-

(1) *Programme ou résumé*, etc ; par M. J. Sganzin.

(2) *Considérations sur le système de rétrécissement*, etc ; par M. Beaudemoulin, ingénieur des ponts et chaussées. *Annales des ponts et chaussées*, t. VII. Paris, 1833.

(3) *Programme ou résumé*, etc ; par M. J. Sganzin.

tés de la vallée, les détours des rues, et que, dans les lieux bas ou resserrés, l'anémomètre donne des indications trompeuses.

« Les digues longitudinales submersibles, dit Sganzin, par le grand débouché en lit majeur qu'elles offrent aux eaux ascendantes, semblent préférables aux barrages. » Il ajoute qu'elles le sont surtout « dans les zones inférieures des rivières où les dénivellations de la marée se font sentir; » mais cette dernière remarque est sans application dans le cas actuel.

Je pourrais, je devrais peut-être m'étendre sur les besoins de la navigation à vapeur, qui prend chaque année plus d'accroissement, et qui, si elle est encouragée, procurera bientôt aux bateaux du commerce les remorqueurs les plus sûrs, les plus prompts et les plus économiques. J'ai cependant déjà traité ce point avec assez de détail pour que de nouveaux développements puissent paraître ici superflus.

Enfin, et ceci n'est pas indifférent, les digues longitudinales n'assurent pas seulement un mouillage *minimum* en basses eaux : elles permettent à la navigation de profiter des moindres crues pour transporter de plus fortes charges, sur des bateaux susceptibles d'un plus grand enfoncement. Les barrages éclusés n'offrent pas le même avantage, leur établissement ayant un but tout contraire, d'obtenir et de maintenir un niveau constant.

Je m'arrête.

Du projet des passes à l'aval du pont de Huy et des travaux d'essai exécutés l'année dernière, je pense que la conclusion est facile à tirer.

Toutes les passes, sans doute, ne sont pas encore parvenues à leur dernier état, et ce n'est que par induction qu'il est donné à des ingénieurs d'en prévoir avec certitude le parfait achèvement; mais il est cependant une passe, celle de Chokier, qui, sur plus de 1050^{m}, étendue qui lui était primitivement assignée, présente partout un mouillage de plus de

1m50. Les conditions dans lesquelles elle s'offrait étaient néanmoins très-peu favorables, et sa construction n'était pas non plus exempte de difficulté, eu égard aux draguages et à la direction.

L'aval du pont de Huy présente, j'en conviens, des difficultés sérieuses ; aussi me félicité-je de n'avoir pas eu à traiter cette partie en 1839, époque à laquelle la Meuse paraissant dans une situation tolérable, ne préoccupait guère, et de n'être conduit à aborder ce point délicat qu'au moment où les idées ayant changé, le meilleur système est regardé comme le seul acceptable, fût-il quatre fois le plus coûteux, mais, à plus forte raison, ce me semble, s'il est en même temps à meilleur marché. Avant de faire des propositions définitives, j'ai pu, par des observations multipliées, minutieuses, sur tout le cours de la rivière, compléter les documents imparfaits qui existaient en 1839, si toutefois il en existait. Je ne pouvais alors m'appuyer que sur la théorie, et aujourd'hui j'ai mon expérience personnelle.

Je ne m'aventure donc pas, dans mes propositions, sur des assertions vagues et hasardées ; je m'appuie sur des principes qui ont la sanction de l'expérience, sur des faits observés par d'autres comme par moi, et qui, pour perdre de leur valeur, veulent autre chose que de simples dénégations.

Les résultats auxquels je suis parvenu, les conséquences que j'en ai déduites, sont le fruit de quatre années d'études assidues sur la Meuse et constamment poursuivies. Ce terme ne paraîtra pas trop long à ceux qui savent, et tous les ingénieurs le savent, que les études qui ont précédé les travaux entrepris sur la plupart des rivières de France ont duré quatre et cinq ans ; encore a-t-on reconnu, pour quelques-unes, que ces études n'avaient pas été assez prolongées ; pour d'autres, elles durent encore, et, pour la Seine, il y a près de quatre-vingts ans qu'elles sont commencées. C'est que les hommes de talent qui se sont adonnés à ces études ont été maintes fois déçus dans leurs prévisions, et que les déductions

tirées d'observations faites sur un point, étaient souvent démenties par d'autres observations. Tant est vrai ce mot de M. Navier, que « le perfectionnement de la navigation fluviale est l'une des parties les plus difficiles, et jusqu'ici les moins approfondies de l'art de l'ingénieur. »

Jemeppe, le 14 décembre 1843.

H. G.

NAVIGATION FLUVIALE.

FRET
SUR LA MEUSE
ET
SUR SES AFFLUENTS, RIVIÈRES ET CANAUX.

§ 1. — *Causes diverses des variations du fret.*

Le fret varie avec les saisons ; il suit l'état des eaux, et la concurrence, selon qu'elle est plus ou moins forte, contribue aussi à son abaissement ou à son élévation. Néanmoins, pour une grande partie de la Meuse, les bas étiages, les difficultés de la navigation, les besoins actuels du commerce et de l'industrie, n'exercent qu'une influence indirecte et éloignée sur le prix du fret, les contrats étant faits pour plusieurs années, et au moins pour un an. Il en résulte qu'après une année de sécheresse et de basses eaux, les bateliers stipulent des prix plus élevés ; après une année où la navigation a été facilitée par de belles eaux, ils abaissent leurs prix.

Cette marche est la plus généralement suivie par les bateliers de la Haute-Meuse, et par conséquent dans les transports vers la France : il serait donc très-difficile de préciser le fret pour les diverses hauteurs d'eau dans cette direction.

Voici cependant les bases d'après lesquelles les marchés sont faits.

Le loyer d'un bateau de 100 tonneaux est de 5 à 6 francs par jour.

Un *chevalier* a 12 francs par *bonne-ville*, pour lui et ses deux chevaux ; de plus, il est nourri et défrayé de sa dépense

tout le temps du voyage, ce qui fait encore à peu près autant.

On ne donne que 6 francs pour un seul cheval.

Dans la navigation vers les Pays-Bas, le prix est de trois couronnes, ou 17 francs par bonne-ville, pour le conducteur et ses deux chevaux.

Les bonnes-villes en remonte, à partir de Liége, sont : Huy, Namur, Dinant, Givet, Fumay, Monthermé, Charleville et Sedan.

Fly est supprimée par la coupure de Mézières.

Sur la Hollande, à compter du même point, les bonnes-villes sont : Liége, Maestricht, Maseyck, Ruremonde et Venloo.

Les demi-bonnes-villes, assez mal calculées et fixées par l'usage, présentent des distances très-inégales et sont par là très-préjudiciables au commerce. Entre Namur et Dinant, par exemple, la demi-bonne-ville est à l'île de Houx.

En France, les bornes kilométriques ont mis un terme à l'abus qui résultait des demi-bonnes-villes, et il en sera bientôt de même en Belgique.

Les simples ouvriers employés à la manœuvre du bateau, ont 6 francs par bonne-ville. Ils sont en outre défrayés par le maître-batelier, et le *gouverneur* ou pilote a, de plus que les autres, une gratification.

C'est le batelier qui se charge d'acquitter les péages et les droits de douanes, dépenses comprises dans son marché.

Quand le vent est favorable, on peut, en belles eaux, parcourir la distance de deux bonnes-villes par jour, et l'on met alors cinq à six jours pour aller de Namur à Sedan ; mais il arrive aussi que le vent oblige à rester plusieurs jours au même endroit, et que le voyage se prolonge outre mesure (1).

(1) Le mauvais état des chemins de halage, trop bas par intervalles, trop étroits presque partout, et qui manquent sur un grand nombre de points, est cause de très-longs retards dans la navigation. Un batelier partant de Liége avec deux bateaux vides jaugeant ensemble 300 tonneaux, peut être forcé, par de très-belles eaux, de mettre *un jour* à se rendre de Chokier à la Malieue, distance de 5 à 6,000 mètres, et *neuf jours* tout entiers pour remonter jusqu'à Andenne, qui n'est qu'à 47,000 mètres au dessus de Liége.

Le contrat que fait le batelier commissionnaire est donc, comme on le voit, un contrat aléatoire : le gain ou la perte dépendent de la hauteur des eaux, de la direction du vent et d'une foule de circonstances imprévues.

§ 2. — *Prix du fret vers les Pays-Bas. — Fret en* 1843.

Sur la Basse-Meuse, où les transports vers les Pays-Bas se font plus généralement par *voitures*, c'est-à-dire par trains composés ordinairement de trois bateaux, les prix en descente, qui n'ont pas sensiblement varié depuis plus de trente ans, sont communément réglés ainsi qu'il suit, entre Liége ou Seraing et Venloo (1).

Par *charrée de Meuse*, mesure de 2,200 kilogrammes :

1. Bonnes eaux navigables	5	fl. de Liége.
2. Eaux moyennes	7	Id.
3. Basses eaux, durant lesquelles un bateau de 100 à 140 tonneaux navigue avec tiers ou quart de charge.	10	Id.
4. Très-basses eaux, qui ne durent que trois ou quatre semaines, et qui ne se reproduisent pas tous les ans.	15	Id.

En réduisant ces prix, on trouve, par tonneau et par kilomètre :

1. Bonnes eaux	fr. 0,0223.
2. Eaux moyennes	0,0317.
3. Basses eaux	0,0447.
4. Très-basses eaux	0,0671.

Relativement aux prix en remonte, une observation est nécessaire.

(1) Depuis que la passe du Val-St-Lambert est ouverte à la navigation, beaucoup de bateliers naviguant sur la Hollande ne demandent pas plus, pour prendre leur chargement à Chokier, que s'ils le prenaient à Liége. Il y a cependant 17 kilomètres de différence entre ces deux points.

Le fret de Namur à Liége, par exemple, est moyennement de 4 francs par tonneau, et même de 3 francs pour les minerais; il n'est cependant que de 6 francs en remonte de Liége à Namur. Cela tient à ce que les transports en descente, entre ces deux villes, étant de beaucoup les plus nombreux, il y a concurrence pour la remonte, et le batelier qui aurait remonté la rivière à vide, est déjà content de trouver un chargement qui l'indemnise de ses frais. Aussi y a-t-il des établissements industriels à Liége et dans les environs qui, d'après leurs marchés, ne payent que 4 francs pour leurs transports de Liége à Namur, et même beaucoup moins.

Cette observation s'applique également à la remonte de Venloo et de Maestricht sur Liége ou Seraing. Quelquefois doubles en remonte de ce qu'ils sont à la descente, les prix ne diffèrent souvent que de très-peu dans les deux sens.

Voici un tableau du fret dans ce parcours pendant l'année dernière.

POINTS EXTRÊMES DU PARCOURS.	ESPÈCES DE MARCHANDISES.	PRIX DU TRANSPORT.					
		EAUX de 20 pouces.		EAUX de 30 pouces.		EAUX de 45 pouces.	
		Descente.	Remonte.	Descente.	Remonte.	Descente.	Remonte.
		Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Liége ou Seraing et Venloo.	Charbon de terre, par *charrée*.	14,00	»	10,00	»	7,00	»
	Marchandises brutes, par 1000 k.	10,00	10,00	8,00	8,00	7,00	7,00
	Id. de valeur id.	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Liége ou Seraing et Maestricht.	Charbon de terre, par *charrée*.	7,00	»	5,50	»	4,00	»
	Marchandises brutes, par 1000k.	4,00	4,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	Id. de valeur id.	6,00	6,00	5,00	5,00	5,00	5,00

De ce tableau se déduit le suivant.

POINTS EXTRÊMES DU PARCOURS.	ESPÈCES DE MARCHANDISES.	LONGUEUR du parcours.	PRIX PAR TONNEAU ET PAR KILOMÈTRE. EAUX de 20 pouces. (0m58.) Remonte.	Descente.	EAUX de 30 pouces. (0m87.) Remonte.	Descente.	EAUX de 45 pouces. (1m30.) Remonte.	Descente.
		mètres.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Liége et Venloo.	Charbon de terre.	124,000	0,05	«	0,04	»	0,03	»
	Marchandises brutes.		0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06
	Id. de valeur.		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Seraing et Venloo.	Charbon de terre.	134,000	0,05	»	0,05	»	0,03	»
	Marchandises brutes.		0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
	Id. de valeur.		0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Liége et Maestricht	Charbon de terre.	30,000	0,11	»	0,08	»	0,08	»
	Marchandises brutes.		0,13	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10
	Id. de valeur.		0,20	0,20	0,17	0,17	0,17	0,17
seraing et Maestricht.	Charbon de terre.	40,000	0,08	«	0,06	»	0,06	»
	Marchandises brutes.		0,10	0,10	0,07	0,07	0,07	0,07
	Id. de valeur.		0,15	0,15	0,125	0,125	0,125	0,125

§ 3. — *Prix moyen sur la Meuse et sur ses affluents.*

Le tableau qui suit, plus général, permet de rapprocher le prix du transport sur les divers affluents de la Meuse et de le comparer à celui que l'on paye sur ce fleuve dans son état actuel. Ce rapprochement n'est peut-être pas sans intérêt. Plus tard, il pourra servir encore à constater les changements que doivent introduire les améliorations de la Meuse dans le prix des transports.

LA MEUSE ET SES AFFL

TIRANT D'EAU, TONNA

RIVIÈRE ou CANAL.	POINTS EXTRÊMES DU PARCOURS.	LONGUEUR du PARCOURS.	TIRANT D'EAU.			T
			Étiage.	Eaux moyennes.	Hautes eaux navigables.	
		Kilomètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	To
AMBLÈVE.	Remouchamps et Douflamme.	11, »	0,45	0,55	0,80	1
	Douflamme et Remouchamps.	11, »	»	»	»	
CANAL DES ARDENNES.	De la Meuse à l'Aisne.	93,50	1,60	»	»	
CANAL DE BOIS-LE-DUC.	Maestricht et Bois-le-Duc.	121,25	2,10	»	»	10
	Bois-le-Duc et Maestricht.	121,25	»	»	»	
MEUSE.	Sedan et Charleville.	44,50	1,00	2,00	3,00	10
	Charleville et Givet.	93,50	1,00	2,00	3,00	10
	Namur et Sedan.	190,00	0,30	1,00	2,00	10
	Namur et Charleville.	143,50	0,30	1,00	2,30	10
	Namur et Vireux.	72,00	0,30	1,00	2,30	10
	Namur et Huy.	31,40	0,30	1,20	2,30	10
	Namur et Liége.	67,00	0,30	1,20	2,30	10
	Chokier et Venloo.	141,00	0,30	1,20	2,30	10
OURTHE.	La Roche et Hotton.	18,00	»	0,60	0,90	1
	Hotton et Barvaux.	25,00	»	0,60	0,90	1
	Barvaux et Liége.	54,00	0,25	0,60	1,00	1
SAMBRE.	De la frontière de France à Charleroy.	40,78	1,50	»	»	10
	Charleroy et Namur.	33,596	1,40	»	»	10
	Charleroy et Liége.	120,60	0,55	1,20	2,30	10
CANAL DE SEDAN.	Sedan.	0,65	1,20	»	»	
VESDRE.	Nessonvaux et Chênée.	15,00	0,15	»	0,70	

ABLES, RIVIÈRES ET CANAUX.

X, ETC., POUR CHACUN D'EUX.

JUSEMENT RÉEL.		DROIT PAR TONNEAU.		ÉCLUSES.				FRET PAR TONNEAU,			
								pour le PARCOURS ENTIER.		par KILOMÈTRE.	
Eaux moyennes.	Hautes eaux navigables.	Par bureau.	TOTAL.	Nombre.	Longueur.	Largeur.	Tirant d'eau.	Descente.	Remonte.	Descente.	Remonte.
Tonneaux.	Tonneaux.	Francs.	Francs.		Mètres.	Mètres.	Mètres.	Francs.	Francs.	Francs.	Francs.
4 à 5	10 à 12	0,06	0,06	»	»	»	»	3,50	»	0,30	»
3 à 4	5 à 6	0,06	0,06	»	»	»	»	»	8,25	»	0,75
»	»	0,20	3,74	43	38,00	5,20	1,60	3,61	3,61	0,06	0,06
»	»	0,045	0,90	20	61,27	7,00	2,10	5,00	»	0,041	»
»	»	0,090	1,80	»	»	»	»	»	9,00	»	0,074
»	150	0,015	0,067	3	30,00	5,70	1,60	»	4,28	»	0,096
»	150	0,015	0,14	14	30,00	5,70	1,60	2,93	5,90	0,031	0,063
100	100 et 150	0,017	0,33	17	30,00	5,70	1,60	»	12,00	»	0,063
100	100 et 150	0,017	0,217	14	30,00	5,70	1,60	»	9,50	»	0,065
100	100 et 150	0,0214	0,155	1	30,00	5,70	1,60	»	4,50	»	0,062
100	100 et 150	0,06	0,12	»	»	»	»	1,50	»	0,041	»
100	150	0,06	0,18	»	»	»	»	4,00	6,00	0,059	0,089
100	150	0,06	»	»	»	»	»	4,40	»	0,029	»
3 à 4	9 à 11	»	»	»	»	»	»	5,00	10,00	0,277	0,555
3 à 5	9 à 11	»	»	»	»	»	»	6,00	12,00	0,24	0,48
3 à 5	11 à 12	0,06	0,18	»	»	»	»	5,00	10,00	0,092	0,184
»	»	0,1926	1,5258	10	42,00	5,20	2,00	2,75	4,00	0,067	0,10
»	»	0,1926	2,0340	12	50,00	5,20	2,00	3,50	»	0,064	»
100	140	0,092	2,2140	12	50,00	5,20	2,00	3,50	»	0,045	»
»	»	0,015	»	2	55,00	C.82	1,20	»	»	»	»
»	»	0,06	0,06	»	»	»	»	»	»	»	»

Chacun de ces affluents donne lieu à quelques observations.

Amblève. Quelque élevé que soit le fret de cette rivière, il y a des années où il monte encore plus haut.

Canal des Ardennes. Le droit se paye par distances de cinq kilomètres et varie avec la nature des marchandises ; celui qui est porté dans le tableau est relatif aux marbres, pierres, houilles, etc. Pour avoir le fret, quel que soit le transport, il faut ajouter au droit 0 fr. 02 par tonneau et par kilomètre pour le halage.

Canal de Bois-le-Duc. Le fret indiqué en descente est pour la houille ; en remonte, pour les denrées coloniales. Pour d'autres articles, il varie de 6 à 20 francs.

Ourthe. La navigation entre La Roche et Barvaux est interrompue dès le mois de mai jusqu'en octobre. Elle n'est possible en été qu'à la suite de pluies extraordinaires. — Lorsque les eaux sont fortes, le fret en descente, de Barvaux à Liége, tombe jusqu'à 3 francs. Il est en général doublé pour la remonte.

Sambre. Le droit se paye par distances de cinq kilomètres.

Canal de Sedan. Ce canal n'est qu'une dérivation de la Meuse, et les droits y sont les mêmes.

Vesdre. L'eau de la Vesdre ne permet plus de navigation à l'étiage ; en hautes eaux, le défaut de chemins de halage est un autre obstacle, en sorte que la navigation, dans les temps les plus favorables, ne peut s'y faire qu'à de courtes distances entre les points indiqués. — Le fret est sur la Vesdre à peu près le même que sur l'Amblève.

Relativement à la Meuse, il est à remarquer que le droit est fixé en France par la loi du 9 juillet 1836, qui ne reconnaît que deux classes de marchandises. Il se paye par myriamètres et par kilomètres. On ne paye rien au passage des écluses.

En Belgique, les eaux cessent d'être navigables en remonte à 2^m50 au-dessus de l'étiage, et même à 2^m selon les localités, le défaut de chemins de halage à hauteur s'opposant alors au passage des chevaux.

Quoi qu'il en soit, la comparaison des prix qui précèdent

avec ceux du tableau suivant, relatif aux divers modes de transport, donne la mesure des avantages actuels et de ce que promet l'avenir.

MODE DE TRANSPORT.	FRET PAR TONNEAU et par kilom.	Observations.
	Centimes.	
Roulage ordinaire. .	20 à 25	C'est le prix moyen des transports sur les chaussés pavées ou d'empierrement en bon état d'entretien.
Roulage accéléré. .	35 à 40	
Chemins de fer. . .	10 à 12	Sur le chemin de fer de St Etienne, qui opère la presque totalité de ses transports en descente, le charbon est taxé à 10 c.; il l'est à 16 c. sur le chemin de fer d'Anvers à St Nicolas.
Canaux.	4 à 10	Le prix est de 8 c. sur le canal de Charleroy à Bruxelles.
Rivières améliorées.	2	Ce chiffre est une moyenne, tant en descente qu'en remonte.

§ 4. — *Variations diurnes du niveau des eaux de la Meuse pendant l'année* 1843.

Parmi les causes permanentes des variations du fret sur la Meuse, la première se trouve dans les variations de ses eaux. Des travaux bien dirigés, appropriés au régime du fleuve, remédieront à l'inconvénient très-grave qui résulte des eaux basses de l'été, durant lesquelles la navigation, sans être complétement interrompue, devient très-onéreuse pour le commerce; il sera possible aussi d'assurer les transports à des hauteurs où ils cessent aujourd'hui, en établissant de bons chemins de halage; mais il y aura toujours interruption aux niveaux de débordement, où toute navigation est impraticable.

Les variations diurnes des eaux de la Meuse sont donc indispensables à connaître; elles le sont à plusieurs égards, et c'est pour cela qu'elles ont été consignées dans le registre suivant, qui indique, pour chaque jour de l'année 1843, les hauteurs d'eau prises aux échelles de Liége, de Huy, de Namur et de Dinant.

Ces hauteurs, pour chaque échelle, sont représentées graphiquement, et d'une manière plus sensible, par une courbe (Planche VII).

MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE				MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE			
	LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.		LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.
Janv. 1843					Janv. 1843				
1	1,11	0,59	0,49	»	24	1,31	0,77	0,99	0,96
2	1,07	0,47	0,63	»	25	1,16	0,64	0,87	0,90
3	1,11	0,47	0,62	»	26	1,11	0,62	0,87	0,84
4	1,01	0,47	0,59	»	27	1,41	0,72	0,95	0,96
5	0,91	0,47	0,57	»	28	1,71	0,97	1,24	1,15
6	0,85	0,47	0,55	»	29	2,86	1,47	2,09	1,89
7	0,91	0,47	0,57	»	30	3,06	1,87	2,46	1,99
8	1,16	0,87	1,09	»	31	2,91	1,77	2,44	1,94
9	2,21	1,17	1,63	»					
10	2,41	1,37	2,04	»	Fév. 1	2,61	1,77	2,04	2,09
11	2,66	1,97	2,51	»	2	2,51	1,47	1,74	1,79
12	2,71	1,87	2,47	»	3	2,51	1,47	1,69	1,87
13	2,76	2,02	2,64	»	4	2,41	1,37	1,76	2,05
14	2,86	2,09	3,04	»	5	2,46	1,67	2,17	1,79
15	2,99	2,32	3,19	»	6	2,31	1,37	1,96	1,64
16	2,79	2,17	2,84	»	7	2,06	0,99	1,76	1,44
17	2,31	2,17	2,31	»	8	1,86	1,07	1,45	1,39
18	2,41	1,87	2,33	»	9	1,66	0,92	1,31	1,21
19	2,11	1,47	1,94	»	10	1,56	0,92	1,29	1,13
20	1,91	1,27	1,63	»	11	1,61	0,97	1,27	1,19
21	1,71	1,12	1,31	»	12	1,71	1,02	1,28	1,19
22	1,56	1,02	1,19	1,19	13	1,66	0,92	1,29	1,13
23	1,41	0,92	1,07	1,08	14	1,51	0,92	1,19	1,09

MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE				MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE			
	LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.		LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.
Juin 1843.					Juin 1843.				
1	1,06	0,74	0,79	0,82	28	0,64	0,47	0,52	0,51
2	1,06	0,67	0,71	0,94	29	0,75	0,54	0,55	0,49
3	1,26	0,87	0,90	0,99	30	0,80	0,57	0,44	0,47
4	1,21	0,84	0,99	0,94					
5	1,21	0,77	0,81	0,89	Juill. 1	0,64	0,40	0,41	0,46
6	1,01	0,67	0,78	0,87	2	0,63	0,57	0,39	0,44
7	0,91	0,67	0,71	0,84	3	0,54	0,31	0,37	0,39
8	1,08	0,64	0,77	0,84	4	0,49	0,27	0,33	0,35
9	1,01	0,66	0,70	0,95	5	0,43	0,26	0,31	0,33
10	1,00	0,62	0,75	0,95	6	0,36	0,20	0,29	0,29
11	1,09	0,67	0,84	0,99	7	0,39	0,18	0,27	0,27
12	1,31	0,77	1,04	1,05	8	0,44	0,17	0,24	0,23
13	1,36	0,84	1,00	1,02	9	0,37	0,17	0,22	0,23
14	1,41	0,87	0,97	0,99	10	0,31	0,17	0,20	0,22
15	1,30	0,82	0,89	0,94	11	0,41	0,16	0,19	0,22
16	1,15	0,72	0,81	0,87	12	0,39	0,16	0,20	0,20
17	1,04	0,67	0,71	0,77	13	0,31	0,15	0,18	0,20
18	0,97	0,67	0,71	0,73	14	0,28	0,15	0,17	0,19
19	0,88	0,67	0,64	0,70	15	0,26	0,12	0,16	0,14
20	1,11	0,62	0,67	0,69	16	0,27	0,12	0,14	0,13
21	0,92	0,57	0,67	0,74	17	0,23	0,11	0,13	0,16
22	0,85	0,57	0,62	0,70	18	0,17	0,11	0,13	0,15
23	0,79	0,57	0,61	0,70	19	0,21	0,10	0,15	0,14
24	0,81	0,57	0,61	0,69	20	0,19	0,09	0,13	0,13
25	0,82	0,55	0,59	0,69	21	0,20	0,07	0,11	0,09
26	0,78	0,54	0,55	0,59	22	0,20	0,07	0,11	0,09
27	0,71	0,51	0,53	0,54	23	0,24	0,07	0,17	0,14

MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE			
	LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.
Avril 1843.				
8	1,31	0,87	1,02	1,08
9	1,86	1,27	1,58	1,29
10	1,81	1,27	1,57	1,29
11	1,76	0,97	1,11	1,26
12	1,46	0,94	1,09	1,04
13	1,36	0,92	0,97	0,95
14	1,26	0,77	0,94	0,98
15	1,31	0,77	0,94	0,98
16	1,31	0,67	0,94	0,96
17	1,21	0,67	0,83	0,89
18	1,08	0,57	0,73	0,84
19	0,99	0,62	0,69	0,88
20	1,01	0,67	0,81	0,88
21	1,15	0,70	0,85	0,88
22	1,27	0,77	0,94	0,86
23	1,23	0,77	0,84	0,88
24	1,11	0,77	0,84	0,88
25	1,06	0,71	0,83	0,87
26	1,03	0,66	0,69	0,87
27	0,96	0,63	0,64	0,86
28	0,95	0,57	0,62	0,85
29	0,87	0,57	0,62	0,83
30	0,85	0,54	0,62	0,83
Mai 1	0,79	0,50	0,62	0,63
2	0,71	0,47	0,59	0,55
3	0,66	0,42	0,49	0,49
4	0,61	0,42	0,45	0,47

MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE			
	LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.
Mai 1843.				
5	0,60	0,42	0,42	0,41
6	0,51	0,37	0,38	0,38
7	0,58	0,37	0,37	0,34
8	0,51	0,33	0,33	0,34
9	0,53	0,33	0,37	0,32
10	0,52	0,33	0,36	0,31
11	0,52	0,32	0,33	0,29
12	0,46	0,25	0,31	0,32
13	0,45	0,22	0,31	0,30
14	0,49	0,22	0,31	0,29
15	0,46	0,20	0,30	0,27
16	0,41	0,21	0,32	0,25
17	0,56	0,32	0,37	0,29
18	0,66	0,34	0,40	0,32
19	0,66	0,34	0,38	0,36
20	0,61	0,32	0,36	0,35
21	0,55	0,30	0,33	0,33
22	0,53	0,30	0,33	0,35
23	0,55	0,28	0,31	0,42
24	0,57	0,27	0,29	0,39
25	0,56	0,29	0,29	0,43
26	0,51	0,29	0,31	0,44
27	0,51	0,32	0,31	0,44
28	0,87	0,42	0,49	0,44
29	0,91	0,47	0,64	0,69
30	1,17	0,72	0,69	0,84
31	1,16	0,77	0,79	0,85

MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE				MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE			
	LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.		LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.
Juin 1843.					Juin 1843.				
1	1,06	0,74	0,79	0,82	28	0,64	0,47	0,52	0,51
2	1,06	0,67	0,71	0,94	29	0,75	0,54	0,55	0,49
3	1,26	0,87	0,90	0,99	30	0,80	0,57	0,44	0,47
4	1,21	0,84	0,99	0,94					
5	1,21	0,77	0,81	0,89	Juill. 1	0,64	0,40	0,41	0,46
6	1,01	0,67	0,78	0,87	2	0,65	0,57	0,53	0,44
7	0,91	0,67	0,71	0,84	3	0,54	0,31	0,37	0,33
8	1,08	0,64	0,77	0,84	4	0,49	0,27	0,33	0,33
9	1,01	0,66	0,70	0,95	5	0,43	0,26	0,31	0,33
10	1,00	0,62	0,75	0,95	6	0,36	0,20	0,29	0,29
11	1,09	0,67	0,84	0,99	7	0,39	0,18	0,27	0,27
12	1,31	0,77	1,04	1,05	8	0,44	0,17	0,24	0,23
13	1,56	0,84	1,00	1,02	9	0,37	0,17	0,22	0,23
14	1,41	0,87	0,97	0,99	10	0,31	0,17	0,20	0,22
15	1,30	0,82	0,89	0,94	11	0,41	0,16	0,19	0,22
16	1,15	0,72	0,81	0,87	12	0,39	0,16	0,20	0,20
17	1,04	0,67	0,71	0,77	13	0,31	0,15	0,18	0,20
18	0,97	0,67	0,71	0,75	14	0,28	0,15	0,17	0,19
19	0,88	0,67	0,64	0,70	15	0,26	0,12	0,16	0,14
20	1,11	0,62	0,67	0,69	16	0,27	0,12	0,14	0,13
21	0,92	0,57	0,67	0,74	17	0,23	0,11	0,13	0,16
22	0,85	0,57	0,62	0,70	18	0,17	0,11	0,13	0,15
23	0,79	0,57	0,61	0,70	19	0,21	0,10	0,15	0,14
24	0,81	0,57	0,61	0,69	20	0,19	0,09	0,13	0,13
25	0,82	0,55	0,59	0,69	21	0,20	0,07	0,11	0,09
26	0,78	0,54	0,55	0,59	22	0,20	0,07	0,11	0,09
27	0,71	0,51	0,53	0,54	23	0,24	0,07	0,17	0,14

MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE				MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE			
	LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.		LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.
Juill. 1843.					Août. 1843.				
24	0,68	0,12	0,21	0,24	19	0,17	-0,01	0,09	0,06
25	0,61	0,22	0,27	0,27	20	0,12	0,05	0,11	0,05
26	0,50	0,24	0,29	0,29	21	0,18	0,07	0,13	0,18
27	0,47	0,22	0,27	0,26	22	0,26	0,22	0,14	0,15
28	0,43	0,27	0,22	0,23	23	0,26	0,22	0,14	0,12
29	0,41	0,30	0,25	0,25	24	0,25	0,24	0,15	0,11
30	0,51	0,52	0,26	0,24	25	0,47	0,26	0,16	0,19
31	0,51	0,55	0,29	0,29	26	0,56	0,25	0,20	0,18
					27	0,27	0,15	0,17	0,16
Août 1	0,51	0,57	0,28	0,25	28	0,26	0,15	0,14	0,13
2	0,56	0,57	0,27	0,24	29	0,26	0,13	0,12	0,11
3	0,51	0,59	0,25	0,26	30	0,19	0,12	0,13	0,09
4	0,53	0,59	0,29	0,27	31	0,15	0,12	0,14	0,09
5	0,51	0,55	0,26	0,26					
6	0,49	0,53	0,25	0,24	Sept. 1	0,13	0,10	0,13	0,08
7	0,41	0,50	0,25	0,21	2	0,14	0,07	0,11	0,08
8	0,56	0,29	0,21	0,17	3	0,13	0,07	0,09	0,07
9	0,51	0,24	0,21	0,19	4	0,11	0,05	0,09	0,05
10	0,50	0,22	0,17	0,18	5	0,11	0,05	0,07	0,01
11	0,29	0,17	0,15	0,15	6	0,09	0,05	0,06	0,05
12	0,26	0,14	0,14	0,13	7	0,08	0,02	0,06	0,05
13	0,41	0,11	0,15	0,11	8	0,11	0,01	0,04	0,02
14	0,26	0,11	0,12	0,11	9	0,09	0,01	0,05	0,02
15	0,24	0,06	0,11	0,09	10	0,06	0,01	0,04	0,02
16	0,21	0,04	0,10	0,08	11	0,16	0,24	0,17	0,11
17	0,21	0,02	0,10	0,08	12	0,21	0,27	0,10	0,05
18	0,20	0,01	0,09	0,07	13	0,11	0,25	0,09	0,04

MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE				MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE			
	LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.		LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.
Sept. 1845.					Oct. 1845.				
14	0,11	0,05	0,07	0,04	11	0,81	0,67	0,50	0,54
15	0,06	0,05	0,06	0,03	12	1,21	1,07	0,59	0,47
16	0,08	0,02	0,05	0,02	13	1,56	1,42	0,69	0,61
17	0,01	0,02	0,04	0,00	14	1,41	1,27	0,56	0,51
18	-0,01	0,02	0,01	-0,02	15	1,11	0,47	0,49	0,49
19	-0,04	0,00	0,00	-0,03	16	0,89	0,47	0,56	0,44
20	-0,06	-0,02	-0,01	-0,01	17	0,81	0,47	0,54	0,38
21	-0,03	-0,04	-0,01	-0,04	18	0,76	0,47	0,40	0,37
22	-0,08	-0,05	-0,02	-0,02	19	0,89	0,37	0,49	0,54
23	-0,09	-0,08	-0,01	0,03	20	0,96	0,47	0,51	0,55
24	-0,04	-0,08	-0,05	0,00	21	0,81	0,42	0,47	0,53
25	-0,05	-0,08	-0,04	-0,04	22	0,85	0,42	0,41	0,44
26	0,01	-0,06	-0,02	-0,05	23	0,73	0,44	0,36	0,38
27	0,00	-0,06	-0,02	-0,03	24	0,66	0,47	0,34	0,37
28	0,08	-0,06	-0,01	-0,02	25	0,57	0,57	0,32	0,36
29	0,06	-0,03	0,00	-0,02	26	0,65	0,67	0,37	0,46
30	0,07	0,00	-0,01	-0,02	27	1,27	0,72	0,70	0,55
					28	1,11	0,49	0,57	0,50
Oct. 1	0,19	0,00	0,01	-0,01	29	1,09	0,49	0,66	0,59
2	0,31	0,00	0,06	0,02	30	1,01	0,49	0,64	0,67
3	0,31	0,02	0,06	0,07	31	0,96	0,49	0,62	0,71
4	0,26	0,02	0,10	0,09					
5	0,35	0,05	0,06	0,08	Nov. 1	0,99	0,54	0,58	0,74
6	0,22	0,04	0,07	0,07	2	0,89	0,51	0,55	0,57
7	0,16	0,05	0,09	0,06	3	0,79	0,47	0,52	0,55
8	0,41	0,27	0,11	0,07	4	0,93	0,47	0,52	0,57
9	0,46	0,32	0,13	0,18	5	0,79	0,67	0,51	0,57
10	0,91	0,77	0,25	0,24	6	0,69	0,82	0,52	0,49

MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE				MOIS.	HAUTEUR PRISE AU PONT DE			
	LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.		LIÉGE.	HUY.	NAMUR.	DINANT.
Nov. 1843.					Déc. 1843.				
7	0,61	0,92	0,55	0,46	4	2,01	1,57	1,49	1,54
8	0,91	0,99	0,54	0,55	5	1,79	1,17	1,37	1,24
9	1,37	1,17	1,19	1,14	6	1,71	1,07	1,19	1,13
10	1,81	1,32	1,59	1,54	7	1,61	0,97	1,16	1,08
11	1,76	1,37	1,49	1,24	8	1,69	0,97	1,08	1,02
12	1,56	0,87	1,19	1,11	9	1,56	0,87	1,05	0,99
13	1,31	0,85	1,07	1,18	10	1,47	0,67	0,96	0,98
14	1,21	0,67	0,98	1,08	11	1,41	0,67	0,92	0,93
15	1,21	0,59	0-96	1,09	12	1,31	0,63	0,85	0,88
16	1,27	0,65	0,98	0,97	13	1,21	0,62	0,75	0,83
17	1,13	0,63	0,79	0,84	14	1,11	0,58	0,70	0,79
18	1,01	0,57	0,69	0,78	15	1,06	0,54	0,63	0,74
19	0,91	0,57	0,68	0,70	16	1,01	0,50	0,66	0,73
20	0,98	0,47	0,67	0,79	17	1,21	0,53	0,69	0,69
21	1,01	0,52	0,71	0,80	18	1,11	0,56	0,53	0,70
22	1,06	0,56	0,77	0,89	19	1,06	0,56	0,59	0,71
23	1,31	0,62	0,96	1,00	20	1,01	0,47	0,63	0,67
24	1,36	0,84	1,08	1,22	21	0,96	0,57	0,58	0,64
25	2,12	1,47	1,81	1,39	22	0,91	0,42	0,55	0,61
26	2,26	1,47	1,79	1,43	23	0,83	0,47	0,51	0,59
27	2,19	1,17	1,67	1,34	24	0,86	0,42	0,52	0,61
28	1,86	1,07	1,62	1,29	25	0,86	0,42	0,51	0,59
29	1,77	1,07	1,40	1,17	26	0,76	0,40	0,48	0,57
30	1,85	1,12	1,33	1,19	27	0,66	0,38	0,46	0,54
					28	0,63	0,37	0,45	0,50
Déc. 1	1,95	1,07	1,37	1,17	29	0,63	0,37	0,44	0,47
2	2,56	1,47	1,81	1,44	30	0,63	0,30	0,41	0,44
3	2,26	1,47	1,68	1,39	31	0,69	0,37	0,39	0,39

Les hauteurs des eaux de la Meuse, jour par jour, n'ont encore été prises que pendant deux ans; lorsque cette opération aura été poursuivie pendant plusieurs années consécutives, on aura, avec assez d'exactitude, la moyenne des niveaux de la rivière dans chaque saison, et même dans chaque mois de l'année.

§ 5. — *Transports sur la Meuse. — Exportations.*

La Meuse, malgré ses perpétuelles variations, sa navigation imparfaite, les difficultés qui se rencontrent dans son parcours et le peu de fixité du fret, est d'un avantage inappréciable pour les provinces qu'elle traverse. Utile dans tous les temps pour les marchandises dont les frais de transport par terre eussent empêché ou restreint l'usage, indispensable pour les matières pondéreuses, telles que les pierres, les minerais, la houille, elle est aujourd'hui d'une nécessité absolue pour l'industrie croissante des provinces de Limbourg, de Liége, de Namur, de Luxembourg et même du Hainaut.

Le produit des péages pendant les quatorze dernières années atteste l'importance de cette navigation.

ANNÉES.	PROVINCE		MONTANT des péages.	Observations.
	DE NAMUR.	DE LIÉGE.		
	Francs.	Francs.	Francs.	
1830	22,455 00	30,440 91	52,895 91	Les péages, de 1830 à 1842, ont été affermés chaque année par adjudication publique.
1831	23,449 73	16,823 41	40,273 14	
1832	18,836 00	13,989 41	32,825 41	
1833	19,800 00	24,625 00	44,425 00	
1834	22,600 00	27,050 00	49,650 00	
1835	32,300 00	28,826 00	61,126 00	
1836	34,750 00	36,275 00	71,025 00	
1837	29,600 00	33,350 00	62,950 00	
1838	25,100 00	35,100 00	60,200 00	
1839	31,600 00	30,100 00	61,700 00	
1840	31,000 00	34,800 00	65,800 00	
1841	34,000 00	42,000 00	76,000 00	
1842	35,300 00	49,900 00	85,200 00	
1843	44,126 03	56,705 30	100,831 33	En 1843, les péages ont été mis en régie et perçus par le domaine.

Le mouvement annuel des marchandises sur la Meuse peut se déduire des relevés faits à chaque bureau de péage, pendant l'année 1843, par les soins de l'administration des domaines.

BUREAUX DE PÉAGE.	NOMBRE DES BATEAUX		CAPACITÉ des BATEAUX.	Observations.
	vides.	chargés.		
Dinant	1,856	2,411	159,358	Si l'on prend pour terme de comparaison un bateau chargé en descente et en remonte, on trouve que le règlement du 30 mai 1843, mis en vigueur le 14 septembre de la même année, a réduit les péages sur la Meuse de quatre centimes par tonneau.
Profondeville	2,054	3,215	94,750	
Marche les Dames (Namur)	5,683	6,609	244,111	
Huy	6,126	7,501	252,745	
Liége	11,329	14,873	274,413	
Lixhe	6,991	7,196	188,080	
TOTAUX....	32,021	41,805	1,213,457	

Si la capacité du bateau indiquait le chargement réel, il y aurait eu, en 1843, un mouvement de 1,213,457 tonneaux de marchandises, à ne compter que ce qui passe devant chaque bureau de péage; si, eu égard à l'emplacement des bureaux, on suppose que chaque bateau ait parcouru l'intervalle d'amont et celui d'aval, ce mouvement aurait été de 11,571,686 tonneaux pour une distance réduite de 5,000^{m}; mais ces suppositions ne sont pas admissibles, et il a fallu recourir à des observations directes qui ont fait connaître, par des relevés exacts, que le mouvement annuel des marchandises sur la Meuse, pour une distance de 5,000^{m}, est de 7,150,000 tonneaux, et d'environ 14,000,000 de tonneaux, y compris les transports qui, ne s'effectuant qu'à petites distances, échappent aux péages et n'acquittent aucun droit.

D'où il suit, pour le remarquer en passant, que si tous les

bateaux qui naviguent payaient les droits, que ces droits fussent établis sur le chargement réel et pour la distance parcourue, à raison seulement de fr. 0,01 par tonneau et par lieue de cinq kilomètres, la recette brute pour le trésor, dans l'état actuel de la navigation, serait au moins de 140 à 160,000 francs.

Quelque importance qu'ait la Meuse pour les relations intérieures, elle en a davantage pour nos relations avec le dehors ; c'est la voie, que nulle autre ne saurait suppléer, par laquelle s'écoule la plus grande partie des produits du sol ou de l'industrie que quatre de nos provinces envoient à l'étranger.

Les exportations vers la France consistent principalement en houille, charbon de bois, écorces, minerais de fer, etc. ; vers la Hollande, en houille, fers, chaux, bois, ardoises, pierres de taille, moellons, pavés, terre de pipe, alun, etc.

De toutes ces exportations, la plus productive, celle qui intéresse l'industrie dans laquelle il y a le plus de capitaux engagés, est celle de la houille. Aussi voit-on (§ 2 et 3) que c'est le transport des charbons qui, chaque année, détermine plus particulièrement le prix du fret.

Avant 1830, nous n'en envoyions guère en France que 30 à 35,000 tonneaux ; mais, sur la Hollande, nos expéditions de houille montaient alors à 230 ou 240,000 tonneaux.

Depuis, les choses ont changé ; nos relations ont été interrompues avec la Hollande jusqu'en 1840, et nos exportations sur la France se sont graduellement accrues.

Voici le relevé de la houille exportée en France et en Hollande, par la Meuse, durant ces dernières années.

ANNÉES.	EXPORTATION DE HOUILLE en FRANCE.	EXPORTATION DE HOUILLE en HOLLANDE.	Observations.
	Tonneaux.	Tonneaux	
1833	40,000	»	Le prix du tonneau tiré de Liége, où il se paye 10 francs, est, à Charleville, de 38 à 40 francs, de 45 francs à Sedan, de 60 a 65 francs à Rheims, et de 70 francs à Châlons.
1834	50,000	»	
1835	57,800	»	
1836	62,600	»	
1837	66,000	»	
1838	55,000	»	
1839	55,506	»	
1840	55,500	33,000	Les relations avec la Hollande n'ont été renouées qu'en 1840. — Le prix du tonneau, à Venloo, varie de 15 à 24 fr., par suite des variations du fret sur la Meuse.
1841	64,000	83,000	
1842	59,000	70,000	
1843	75,500	72,707	

Quoiqu'il soit assez difficile de faire exactement la part de chacun de nos bassins houillers dans les exportations sur la France, on peut cependant la déduire assez approximativement de quelques données recueillies en 1840 et consignées dans le tableau suivant.

NOMS des COMMUNES	CONSOMMATION DES			TOTAL en TONNEAUX.	Observations.
	PARTICULIERS.	USINES.	VILLAGES ENVIRONNANTS.		
DINANT. . .	272,400 kil. de houille en pierre.	Compris ci-contre.	300,000 kil. de houille en pierre.	25,552 40	Ces charbons sont tous tirés du bassin de la Sambre.
	49,800 hectolitres de menue.		200,000 hectolitres de menue. .		
HOUYIGNES.	420 charretées d'eau, à raison de 900 kil. chacune. .	762,000 kil.	630 charretées, à raison de 900 kil. par charretée. . .	1,725 00	Ces charbons proviennent du bassin de la Meuse et de celui de la Sambre, mais surtout de ce dernier.
HOUILLON .	225 charretées d'eau, d'environ 900 kil. chacune.	162 1/2 Charretées d'eau.	150 charretées.	465 93	Ces charbons se tirent, en grande partie, du bassin de la Sambre; un quart environ vient de Fosses et de Namur, et il est assez rare qu'on en fasse venir de Liége.
NAMUR. . .	12,005,721 kil. . .	6,196,093 kil.	5,288,514 kil. .	23,490 12	22,271,378 kil. proviennent du bassin de la Sambre; 195,890 kil. du bassin de la Meuse, et, 1,024,660 kil. des environs de la ville. Sur la partie tirée du bassin de la Sambre, 5,000,000 kil., ont passé l'écluse de Namur.
ANDENNE.	Terre-houille extraite à Andenne même.	5,374,214 kil.	»	5,374 20	1,000,000 kil. tout ou plus proviennent du bassin de Liége et plus de 4,000,000 kil. du bassin de la Sambre.
SEILLES. .	450 voitures, à raison de 1,400 kil. par voiture. . . .	4,050 voitures de 1,400 kil.	4,000 voitures de 1,400 kil. . . .	11,872 00	A l'exception de 42 tonneaux tirés de Liége pour une distillerie, le reste, montant à 11,830 tonneaux, provient du bassin de la Sambre.
HUY.	7,000,000 kil. . .	10,000,000 kil.	1,500,000 kil. .	18,500 00	Ces charbons proviennent du bassin de la Sambre et de Liége, mais plus particulièrement de Liége.

Il résulte de ce tableau que le bassin de la Sambre fournit tout le charbon qui se consomme sur la Meuse belge entre Namur et Givet : Liége n'y débite pas 200 tonneaux. C'est du même bassin que s'alimentent la plupart des communes et des usines à l'aval de Namur jusqu'à Huy, et cette consommation s'élève en total à plus de 50,000 tonneaux; or, le charbon de ce bassin qui se consomme sur la Meuse doit passer l'écluse de Sambre, à Namur, et le chiffre annuel du passage en descente, à cette écluse, est, pour le charbon, de 55 à 60,000 ton-

neaux, dont il faut ôter 5,000 tonneaux pour la ville même; il reste donc tout au plus 5,000 tonneaux pour l'exportation de Charleroy sur la France ; le surplus est la part du bassin houiller de Liége dans cette exportation.

Le commerce présente parfois des singularités inexplicables.

Ainsi le charbon de Liége va en France, et il ne se débite pas sur la Haute-Meuse, entre Namur et Givet ; le charbon de Charleroy descend la Meuse jusqu'à Huy et même plus bas, il alimente une grande partie des villages de la Hesbaye, et, presque aux portes de Liége, à Engis, c'est ce même charbon qu'on emploie dans les fours à chaux.

Jemeppe, ce 3 janvier 1844.

H. G.

RAPPORT

SUR LES ARDOISIÈRES D'ANGERS

ET SUR CELLES

DES RIVES DE LA MEUSE,

EN FRANCE;

PAR M. J.-B. PONCELET,

SOUS-INGÉNIEUR DES MINES.

I.

ARDOISIÈRES D'ANGERS.

Historique.—L'exploitation de l'ardoise, à Angers, remonte aux temps les plus reculés de l'histoire. A l'invasion des Romains, cette ville, l'une des plus anciennes des Gaules, était déjà surnommée la ville noire, plus encore par les façades et les parties latérales de ses maisons, presque toutes construites en charpente, revêtues de pierres schisteuses grossièrement exfoliées, qu'à cause des matériaux dont elles étaient couvertes. La pierre d'ardoise devint ensuite la base de tous les édifices. L'emploi de la pierre à bâtir augmenta la profondeur des carrières, et l'on trouva un schiste plus fissile; mais ce ne fut que plus tard, si l'on en juge par l'emplacement des anciens travaux, qu'on s'appliqua à rechercher les veines les

plus avantageuses, à développer les travaux d'exploitation et à donner une forme plus régulière aux ardoises.

Situation et étendue.—Les ardoisières d'Angers sont situées, à peu de distance à l'Est de cette ville, sur les territoires des communes de St-Barthélemy, de Trélazé et de St-Léonard. On en retrouve quelques-unes à l'Ouest, vers Avrillé, Ponèze et Condé, qui ont moins d'importance.

La zone ardoisière dans laquelle sont ouvertes les premières, occupe une longueur de 8 à 10,000 mètres, à partir du faubourg St-Michel (Angers), jusqu'aux environs du ruisseau de Lauthiom, où les couches d'ardoises disparaissent sous des terrains secondaires; elle peut avoir une largeur moyenne de 1,000 à 1,200 mètres. Une ligne tirée du clocher de la cathédrale d'Angers à celui de Trélazé, passe à peu près au milieu de cette zone.

Caractères et allure du gisement.—Les couches se dirigent de l'E. à l'O., en appuyant un peu du S. E. au N. O.; l'inclinaison se rapproche de la verticale; on trouve, lorsqu'elles ne sont pas exactement perpendiculaires à l'horison, qu'elles plongent au Nord sur certains points, tandis que sur d'autres elles inclinent vers le Sud. Il est à croire que cette irrégularité disparaît en profondeur. On remarque en descendant la Maine, d'Angers à la Loire, des masses schisto-quartzeuses tourmentées, qui ont une inclinaison moins prononcée vers le Sud.

Les couches d'ardoises, principalement composées d'un schiste fissile, forment dans cette zone une espèce de ride qui domine insensiblement la plaine qui l'environne. On n'y rencontre pas de bancs quartzeux intercalés; cependant la roche devient, au Sud, plus quartzeuse, et on arrive à des bancs schisto-quartzeux qui ne se débitent plus qu'en fragments irréguliers. Au Nord, la pierre est plus douce au toucher, d'une couleur plus foncée, elle se clive avec moins de rudesse. Les veines exploitables sont limitées, vers ce point, par une bande assez large de schiste altéré dont on ne connaît pas la

profondeur, que les ouvriers nomment *la charbonnée*. Ce schiste, d'un gris-pâle passant au bleu-noirâtre, légèrement coloré par l'hydrate de fer, est tendre, friable, ayant souvent la consistance d'une marne feuilletée. Il est probable que cette altération n'est due qu'à la décomposition des pyrites de fer dont il paraît fortement imprégné.

On a reconnu, par les travaux exécutés sur une infinité de points, trois veines d'ardoise ayant une épaisseur de 30 à 50 mètres, que l'on exploite de préférence aux couches dans lesquelles elles sont intercalées ; encore passent-elles dans leur continuité à des parties moins homogènes, moins fissiles ou fortement accidentées, peu propres à être débitées en ardoise. Il paraît qu'il en est de ces schistes comme de ceux de l'Ardenne : que la bonne pierre d'ardoise ne s'y trouve qu'en taches accidentelles.

Il eût été sans doute intéressant d'étudier les liaisons que peuvent avoir les roches porphyroïdes, qui se montrent par taches dans le terrain ardoisier de l'Anjou et de la partie contiguë de la Bretagne, avec les couches schisteuses qu'elles paraissent avoir affectées et redressées ; mais le temps destiné à mes observations ne m'a permis de m'occuper que des ardoisières d'Angers.

Altération des schistes. — Les couches de schiste ardoise, dans lesquelles sont ouvertes les carrières d'Angers, ont généralement éprouvé une forte altération vers la surface du terrain ; étant placées sur leur tranche, on conçoit que cette position a dû faciliter les infiltrations et favoriser la décomposition des parties qui, par leur nature, en étaient les plus susceptibles. L'épaisseur de la tranche superficielle, nommée *décombres*, que l'on doit entièrement déblayer, d'après le mode d'exploitation usité, pour atteindre la bonne pierre, varie de 5 à 12 mètres ; dans quelques endroits où les inégalités sont remplies par des terrains de transport, elle a de 15 à 18 mètres. La roche ayant perdu toute cohérence, a une couleur blanchâtre, ou elle est colorée par l'hydrate de fer.

Hétérogénéité. — Le meilleur schiste ardoise passe à des couches ou, dans un même tout, à des parties plus ou moins considérables, qui n'ont plus cette fissilité nécessaire pour pouvoir être débitées en ardoises; il paraît qu'il perd cette propriété économique par la présence d'une plus grande quantité de certaines substances, qui entrent communément dans la composition des roches schisteuses. On y rencontre également des bandes minces, quelquefois discontinues et renflées, de quartz schisteux, des nœuds ou glandes de la même substance, ainsi que des filons de quartz blanc mélangé de chaux carbonatée spathique, auxquels les ouvriers donnent plus particulièrement le nom de *chat*.

La pyrite susceptible de s'effleurir paraît y être très-abondante; mais elle s'y trouve en dendrites, en taches lenticulaires, en nœuds et en grains imperceptibles, plus fréquemment qu'en cristaux.

Accidents. — La masse schisteuse est divisée par des fissures. Les unes se dirigent habituellement dans un sens qui se rapproche de la perpendiculaire à la direction, et les plus régulières portent le nom de *chefs;* les autres entrecoupent les premières sous différents angles, se prolongent en ligne droite et favorisent le travail d'extraction; enfin d'autres fractures étant contournées et plus multipliées, forment des brouillages dans la roche, laquelle est plus ou moins altérée sur une certaine largeur. Il existe encore une infinité de petites fissures invisibles, qui n'accusent leur présence que par l'abatage, ou à l'aide d'un choc vif appliqué sur l'ardoise. Cette tendance du schiste à se diviser en petits fragments, rend la pierre assez fragile. L'exploitation devient coûteuse, souvent improductive, par la présence trop fréquente de ces parties hétérogènes et des fissures dans les massifs à exploiter.

Mode d'exploitation. — Les carrières d'Angers sont, comme autrefois, exploitées à ciel ouvert. Les travaux d'ouverture consistent à déblayer la partie superficielle, composée de

terrains de transport et de la tranche de schiste altéré, qui atteint, ainsi qu'il a été dit, une profondeur de 10 à 12 mètres; les déblais qui en proviennent, transportés à côté de la carrière, sont disposés en buttes à la surface, ou bien ils servent à combler les vides des travaux abandonnés. L'espace qu'occupe l'ouverture d'une carrière, lorsqu'elle est un peu importante, est de 50 à 65 mètres de largeur, sur 40 à 50 mètres de longueur, suivant la direction. La roche propre à faire de l'ardoise étant à découvert, on établit d'abord une tranchée sur toute la longueur de la carrière, en ne donnant que la largeur nécessaire pour qu'un ouvrier puisse y travailler; celui-ci exécute, à l'aide d'un outil appelé pointe, ce que nous nommons le *crabotage*. Cette tranchée, qui atteint la profondeur d'une *foncée* (étage d'exploitation qui a généralement 9 pieds, ou $2^{m}90$ de hauteur), est creusée dans le milieu du champ d'exploitation, lorsque l'inclinaison des couches s'écarte peu de la verticale, afin de pouvoir exploiter en même temps à droite et à gauche. La pierre se détache en blocs de $0^{m}50$ à 1^{m} d'épaisseur, sur une longueur qui varie de 5 à 15 mètres, suivant que les fissures apparentes favorisent la séparation. L'abatage se fait à l'aide de coins en fer, placés à distance et sur une même ligne, sur la face supérieure du gradin. Un nombre d'ouvriers, égal au nombre de coins, armés de pics, frappent tous ensemble, chacun sur un coin; lorsque le bloc est disjoint, on achève de l'abattre au moyen de leviers en fer, sur lesquels agissent un certain nombre d'ouvriers. Pendant qu'on débite les blocs en crénons pour les transporter au jour, on achève *de dresser le banc* pour l'abatage suivant.

Quand l'extraction dans la première foncée a fourni une largeur suffisante, on commence, dans le fond, à creuser une deuxième tranchée pour y établir une nouvelle foncée, et ainsi successivement; de sorte que dans une carrière où les travaux se continuent régulièrement, on peut mettre en activité 3 à 4 foncées en même temps, et en exploiter, dans les li-

mites indiquées du champ d'exploitation, 12 à 17 en quatre années.

Les côtés de la carrière perpendiculaires à la direction, qu'on appelle les chefs, sont coupés d'aplomb pour y placer les machines d'extraction. S'il y a des fissures qui, en s'entrecoupant, puissent faire craindre un éboulement, on en serre soigneusement les joints avec des billes de bois, placées dans les entailles faites dans les parois de la roche. Les deux côtés parallèles à la direction étant plus susceptibles d'éboulement, on est obligé d'y laisser des retraites ou de terminer les foncées en talus; il arrive ainsi que les ouvrages diminuent de largeur, à mesure qu'ils gagnent en profondeur. Par ce mode d'exploitation, qui n'est qu'un travail par gradins droits, à ciel ouvert, on ne peut ordinairement exploiter que 25 à 30 foncées; les travaux ont été cependant continués jusqu'à 42 foncées, point le plus bas auquel on soit parvenu, et qu'il serait difficile de dépasser sans s'exposer à de graves dangers.

Pour entreprendre un nouvel ouvrage, on commence une ouverture dans la direction des couches, à côté des travaux qui viennent d'être abandonnés, en laissant, entre deux, un massif ou palier de 3 à 4 mètres de largeur, afin de prévenir les éboulements et contenir les eaux.

Exploitation souterraine.— Dans ces derniers temps, cette méthode d'exploitation a été modifiée, notamment dans la carrière des *Grands-Carreaux*. A environ 12 mètres de profondeur, on a construit, dans le palier laissé entre deux ouvrages successifs, une galerie d'ouverture, au niveau et à l'extrémité de laquelle on a établi une exploitation souterraine, dans les mêmes dimensions que les ouvrages à ciel ouvert, qu'on agrandit à mesure que l'on descend, en exploitant également par foncées. Un puits vertical, percé dans la voûte, correspond à un angle de l'ouvrage. Une machine à vapeur est placée sur ce puits pour le transport des produits et l'épuisement des eaux. Les ouvriers sont éclairés par le

gaz : des conduits, partant d'un réservoir établi au jour, alimentent les becs, qui sont disposés sur deux rangées immédiatement au-dessous des ateliers. Les parois de la carrière sont blanchies à la chaux, afin d'obtenir une clarté plus vive sur tous les points.

Ce mode d'exploitation paraît offrir des avantages importants : on évite d'abord le déblai de la partie supérieure de la masse de roche à exploiter, opération qui demande du temps et occasionne souvent une dépense considérable ; ensuite les couches étant plus accidentées vers la surface et les disjonctions plus fréquentes, on a bien moins à craindre les éboulements ; on peut, de plus, pousser les travaux à une plus grande profondeur qu'à ciel ouvert.

Moyens de transport. — Quoiqu'il existe des machines à vapeur sur plusieurs carrières, le transport des produits et l'épuisement des eaux ont lieu, dans la plupart des exploitations, au moyen de machines à molettes, mues par des chevaux, que l'on désigne sous le nom d'*engins* ; il y a des carrières où il en existe 5 et 6, placées les unes à côté des autres. L'établissement d'une machine de ce genre exige une dépense souvent considérable. Les côtés de la carrière, qu'on appelle les chefs, sur lesquels elles sont ordinairement posées, ne présentent pas toujours vers le haut la résistance nécessaire, ou bien les parois verticales, à découvert sur une trop grande hauteur, sont susceptibles de se dégrader. Pour parer à ces inconvénients, on coupe la roche en retraite à différents étages, vers la partie supérieure ; on construit sur cette coupure un échafaudage composé de grosses solives formant étais, reliées par d'autres placées horizontalement ; ce boisage, qui sert d'appui aux machines d'extraction, a souvent une hauteur de 50 à 90 pieds, et une largeur suffisante pour en placer plusieurs de front. Lorsque les travaux n'ont pas encore atteint à une grande profondeur, on se sert seulement de machines à bascule, manœuvrées par des hommes.

Les ouvriers descendent dans les travaux au moyen d'é-

chelles placées dans un angle de l'ouvrage d'exploitation ; entre chaque système, il existe un plancher de repos, maintenu par deux solives encastrées dans les parois de la roche. On trouve, sur les ardoisières, de grands fourgons qui sont destinés au transport journalier des ouvriers âgés ou infirmes.

Des ouvriers. — Les ouvriers se distinguent pincipalement en ouvriers d'en haut et ouvriers d'en bas. Le travail de ceux-ci, dirigé gar un *clerc* ou maître-ouvrier, consiste à établir les foncées, détacher les blocs, creuser les cuves ou puisards, couper la pierre le long des chefs, dresser les bancs, c'est-à-dire détacher, pour faciliter l'abatage suivant, les parties de la roche qui restent adhérentes à la partie inférieure de la foncée après l'extraction du bloc, débiter les blocs en crénons, les charger, ainsi que les déblais, dans les bassicots pour être trasportés au jour. Les ouvriers du fond sont payés à tant par mille d'ardoises : ils reçoivent 2 à 3 fr. pour la 1re carrée ; 1 fr. 50 à 2 fr. pour les 2e, 3e et 4e carrée ; 2 à 3 fr. pour le poil-taché. Les coupeurs gagnent 1 fr. du pied courant et 50 centimes par pied de fonçage, ou 4 fr. 50c par pied d'avancement sur la hauteur de la foncée.

Les ouvriers d'en haut comprennent les fendeurs et les tailleurs. Les fendeurs, auxquels on livre les crénons, sont placés sous des abris composés simplement d'une claie appuyée sur deux perches, pour se préserver de la chaleur ou du mauvais temps ; ils commencent par faire le réparton, ensuite le contre-fendis et le fendis, qui passe entre les mains du tailleur, s'il n'exécute pas lui-même la taille des ardoises. On leur paye 5 à 8 fr. par mille d'ardoises pour la 1re carrée ; 3 à 4 fr. pour la 2e ; 2 à 2 fr. 50 pour la 3e ; 2 fr. pour la 4e carrée ; 4 à 7 fr. pour le poil-taché ; 2 fr. pour l'héridelle. Ces prix varient, ainsi que pour le travail du fond, à raison de la qualité de la pierre et du plus ou moins de facilité que présente l'extraction.

Distribution de la pierre. — On distribue la pierre aux ou-

vriers fendeurs, d'après des règles qui sont déterminées dans un règlement de police. Un fendeur ne peut changer l'établi qui lui est assigné, parce que les crénons se distribuent par ordre de rang. Un ouvrier reçoit 4 hottées de pierre, à chaque tour de distribution. On livre aux apprentis, à l'âge de 9 ans, 1 hottée; à 11 ans, 2 hottées; à 13 ans, 3 hottées, et, à 15 ans, 4 hottées. Les ouvriers les plus habiles reçoivent à ferme une hottée, au profit de ceux que l'âge ou les infirmités rendent incapables de travailler, ou qui auraient été blessés dans les travaux. L'ouvrier absent ne reçoit plus de pierre à son rang, s'il en reste sur son atelier lors de la distribution.

Des ardoises. — Le tableau annexe A indique les noms, les dimensions, l'épaisseur, le poids et les prix des ardoises que l'on fabrique à Angers.

Ces ardoises diffèrent des ardoises du Luxembourg par la forme et par leurs dimensions; elles ressemblent beaucoup par la couleur, qui est généralement d'un gris-foncé, tirant sur le noirâtre, à celles d'Herbeumont; elles sont également un peu raboteuses, mais moins dures que celles-ci. La surface des ardoises d'Angers est plane; cependant la fabrication de la coffine, qui est une ardoise courbe, indique assez que le schiste exploité n'est pas exempt des ondulations qui rendent l'ardoise gauche, si l'on ne corrige cet accident en débitant la pierre en crénons. Les petites fissures, qui ne se révèlent souvent que par un choc vif, doivent les rendre fragiles. L'ardoise d'Angers renferme abondamment la pyrite, susceptible de se décomposer assez rapidement, si l'on en juge par l'altération que les affleurements des couches ont éprouvée à une si grande profondeur, surtout dans les parties qui avoisinent les fissures; par la couleur plombée que prend la roche mise à découvert; par les dépôts ferrugineux que forment les eaux qui s'infiltrent dans les masses schisteuses. Le nom de deux espèces d'ardoises que l'on fabrique, et qui proviennent des tranches supérieures, l'indique encore : le *Poil-roux* est une ardoise décolorée, tirant sur le roussâtre; le *Poil-taché*

est tacheté de la même nuance; il est vrai qu'aujourd'hui, la pierre étant exploitée à une grande profondeur, ces dénominations tiennent aussi aux dimensions de ces deux échantillons d'ardoises. Enfin les déblais des anciens travaux de la carrière dite du *Lapin*, éprouvent une décomposition rapide, puisqu'on peut y recueillir abondamment le sulfate de fer en poudre blanchâtre.

Un fait qui paraît assez général, et qu'on peut vérifier dans les ardoisières de l'Anjou comme dans celles de l'Ardenne, c'est que des bancs d'ardoises qui se succèdent immédiatement, quelquefois du même banc, on tire des ardoises qui présentent de grandes différences sous le rapport de la qualité. A Angers, on remarque que les ardoises qui proviennent de la partie Sud du gisement sont beaucoup plus tenaces et moins douces que celle qu'on extrait au Nord; en se rapprochant de la charbonnée, la pierre est plus tendre, plus foncée en couleur, les ardoises doivent aussi avoir une durée bien plus limitée que les premières.

Carrières abandonnées. — Les ardoisières d'Angers, anciennement peu importantes, ont été successivement agrandies; des capitaux plus considérables y ont été engagés; des machines plus puissantes et plus nombreuses ont permis de porter les travaux à une plus grande profondeur. Cependant la fortune de ceux qui les exploitaient a dû éprouver bien des vicissitudes. L'état suivant, extrait d'un mémoire des administrateurs de ces ardoisières, fait connaître les carrières abandonnées depuis 1792 jusqu'en 1837, et les pertes que cet abandon a occasionnées.

ANNÉES.	NOMS DES CARRIÈRES.	MONTANT des pertes ÉPROUVÉES.	Observations.
		Francs.	
1792	Petit-Noyer.	160,000	3 fois abandonnée.
Idem.	La Croix.	110,000	
Idem.	Le Champ-Robert	80,000	
Idem.	La Terre-Rouge.	120,000	2 fois abandonnée.
1793	Bouc-Cornu.	110,000	
Idem.	L'ancien-Frénais.	110,000	
1795	La Gladière.	120,000	
1807	La Persillère.	60,000	
1810	Le Petit-Bois.	180,000	
Idem.	Les Eclatières.	10,000	2 fois idem.
1813	L'Aubinière.	250,000	Ancien fonds.
1815	Les Cloteaux.	220,000	2 fois abandonnés.
1821	La Bourbe	5,000	
1822	La Hacherie	15,000	
1824	Le Vilchien.	170,000	
1825	Le Diamant.	6,000	
1833	La Pierrière	140,000	3 fois abandonnée.
1835	Le Rivet	60,000	
Idem.	Le Pigeon.	90,000	2 fois idem.
1837	La Chantière.	150,000	2 fois idem.
TOTAUX.	20 CARRIÈRES.	2,166,000	

Détails statistiques. — Malgré les pertes considérables éprouvées pendant une période de 45 ans, et tandis que le nombre des carrières en activité diminuait, la production a augmenté successivement, notamment depuis 1840. L'état suivant indique les quantités d'ardoises fabriquées pour chaque année de 1833 à 1842 inclusivement. Il y avait 17 carrières en activité.

ANNÉES.	NOMBRE D'ARDOISES FABRIQUÉES.	Observations.
1833	75,848,000	Le nombre des ardoises fabriquées pendant une période de 10 années, s'élevant à 899,150,000, représente, en portant le prix moyen à 19 fr. le mille, une valeur de 17,083,850 fr. Il ne restait à vendre, au 1er juin 1843, que 48 millions d'ardoises.
1834	63,466,000	
1835	74,301,000	
1836	65,995,000	
1837	90,640,000	
1838	82,195,000	
1839	95,868,000	
1840	110,826,000	
1841	116,272,000	
1842	123,739,000	
TOTAL....	899,150,000	

En 1841, l'exploitation était continuée dans 14 carrières ; elle occupait 67 machines à molettes, mues chacune par 3 ou 4 chevaux ; 6 machines à vapeur de la force de 10 à 12 chevaux, et 2750 ouvriers.

Le tableau suivant présente, par carrière, les résultats des opérations pendant l'année 1841.

NOMS DES CARRIÈRES.	NOMBRE D'OUVRIERS.	FABRICATION. QUANTITÉS.	FABRICATION. VALEUR.	DÉPENSES.
			Francs.	Francs.
Paperie	391	20,249,000	561,473	234,346
Porrée.	342	12,528,000	210,765	199,453
Petit-Carreau. . . .	377	16,699,000	299,345	213,434
Avrillé.	»	7,997,000	135,705	164,261
Fresney.	»	9,514,000	163,810	120,026
Montibert.	297	5,848,000	98,658	158,243
Gravelle.	281	7,534,000	136,650	145,189
Bremandière	178	6,520,000	115,000	99,319
Grand-Bouc.	224	7,364,000	125,709	127,761
Buisson	»	3,350,000	55,551	102,251
Grand-Carreau. . .	130	6,450,000	102,024	88,201
Union.	106	4,661,000	71,828	62,054
La Chanterie . . .	»	»	»	»
La Désirée.	»	»	»	»

Le nombre d'ouvriers se composait de 21 régisseurs, 43 clercs d'en bas, 41 compteurs de dépenses et d'ardoises, 48 forgerons, 22 charrons, 477 ouvriers d'en bas, 109 *prigeroliers* ou apprentis d'en bas, 608 journaliers, 373 enfants ou toucheurs de chevaux, 1016 fendeurs ; puis on employait 499 chevaux et 68 ânes.

En 1843, le nombre des carrières en activité n'est plus que de 11 ; 56 machines à molettes et 11 machines à vapeur, étaient appliquées à l'exploitation des ardoises et à l'épuisement des eaux.

Ardoisières à classer au rang des mines. — On peut voir,

par les renseignements qui précèdent, que les ardoisières d'Angers ont pris de l'extension dans ces derniers temps. D'anciens fonds ont été repris, les petites exploitations disparaissent successivement pour faire place à des entreprises plus importantes. Néanmoins, les exploitants ne se dissimulent pas que, très-prochainement, il faudra porter l'extraction au-dessous du niveau des travaux actuels et exploiter souterrainement, ce qui exigera des avances considérables de fonds ; ils comprennent fort bien que ce n'est qu'en réunissant leurs efforts, et protégés par de nouvelles dispositions législatives, qu'ils pourront conserver aux ardoisières leur importance actuelle.

C'est dans cette vue qu'ils ont rédigé, en 1837, un mémoire tendant à provoquer la révision de la loi de 1810, pour faire classer les ardoisières au rang des mines concessibles. Ils exposent : « que les carrières d'ardoises ayant été, de tout » temps, abandonnées à la généralité des citoyens, ont été » gaspillées sur tous les points, où on n'exploitait que les » têtes des couches les plus avantageuses; qu'on a repris » ensuite des fonds abandonnés, en les agrandissant succes- » sivement pour atteindre de plus grandes profondeurs, » qu'il sera bientôt impossible de franchir avec quelques » chances de succès, vu les frais énormes, les éboulements » et les accidents que ceux-ci provoquent; que, depuis quel- » ques années, le mode d'exploitation a été modifié; que des » galeries et des travaux souterrains ont été entrepris sur » plusieurs points, et que les ardoisières sont menacées d'une » extinction prochaine, si d'autres systèmes d'aménagement » et d'exploitation n'y sont appliqués. »

Ensuite, ils disent : « que la loi de 1810, en ce qui concerne » les ardoisières, ne consultant que les besoins du moment, » qui se trouvaient alors complétement assurés; confiant » jusqu'ici sur la manière dont on avait envisagé l'exploitation; » n'ayant d'ailleurs ni rapport exact sur l'allure des veines, » ni moyen d'apprécier leur avenir, les a classées, par une

» erreur que le temps seul pouvait révéler, avec les carrières » de matières brutes, quoique les mines proprement dites » soient plus répandues que le véritable schiste ardoise ; par » ces motifs, demander la présentation d'un projet de loi » pour les classer au rang des mines. »

Cependant les exploitants d'Angers sont déjà protégés contre le droit absolu du propriétaire de la surface. Un arrêt du conseil d'État du Roi, du 18 mai 1786, les autorise, lorsque le développement des travaux exige qu'ils soient portés dans des terrains sur lesquels ils n'ont aucun droit d'exploitation, à occuper les terrains nécessaires, et fixe le prix d'acquisition à 1200 livres par arpent, pour les terres cultivées, à 600 pour celles qui ne sont point susceptibles de l'être, ou à un loyer annuel, à raison du denier 10 de cette somme, pendant le temps que durera l'exploitation.

Cet arrêt a produit une heureuse influence sur les ardoisières d'Angers ; il est arrivé plus d'une fois que des avances importantes, faites dans les premiers travaux, auraient été entièrement perdues, si l'exploitation n'avait pu s'étendre au delà des limites qui lui étaient d'abord assignées.

Mesures de police. — Un règlement de police, applicable aux ardoisières des environs d'Angers, a été, après avoir reçu quelques modifications, approuvé le 26 février 1840, par le préfet du département. Il prescrit entre autres : 1° la tenue sur chaque ardoisière d'un contrôle exact des ouvriers qui y sont employés ; aucun individu ne peut être reçu avant d'avoir fait viser à la mairie du lieu, son livret ou son passeport ; 2° il règle les indemnités qui seront accordées aux ouvriers chargés de l'instruction des apprentis ; 3° il défend de descendre du vin dans les carrières, et de laisser boire les ouvriers sur les chantiers après la journée finie ; 4° il fixe à un centime par franc la retenue à faire sur les salaires des ouvriers pour former une caisse de secours, destinée à secourir les blessés, ainsi que les veuves et les orphelins des ouvriers qui auraient été victimes d'accidents.

De la vente des ardoises. — La vente des ardoises se fait en commun pour toutes les ardoisières des environs d'Angers, d'après un contrat de société. Des commissaires sont nommés par les exploitants pour diriger la vente des ardoises, surveiller les transports et opérer les recouvrements ; ils sont responsables de leur gestion. Il est dressé chaque année, dans une réunion générale, un budget pour déterminer, d'après l'importance de l'établissement ou le chiffre présumé de la fabrication, dans quelle proportion chaque exploitant participera aux opérations de la vente, etc.

Prix de transport des ardoises.— Le prix de transport des ardoisières au port d'Angers, est de 75 centimes par mille pour les grandes, un peu moins pour les petites ; d'Angers à Paris, on paye 7 à 9 francs ; d'Angers à Nantes, 1 à 1 fr. 50 ; pour tout le littoral de la Manche, à partir de Nantes, 4 à 5 francs.

Débouchés. — Les ardoisières d'Angers fournissent en Amérique, dans les anciennes provinces de la Gascogne, de la Guyenne, du Poitou, de la Tourraine, dans le Nivernais, l'Orléanais, le Perche, le Maine, la Bretagne, la Normandie, etc. ; elles alimentent presque exclusivement le commerce de Paris, qui peut s'élever annuellement à 25 ou 30 millions d'ardoises.

II.

ARDOISIÈRES DES RIVES DE LA MEUSE.

Division en groupes. — Les ardoisières qui avoisinent les rives de la Meuse, en France, forment, par leur position géographique et par les caractères des gites en exploitation, 3 groupes, que nous désignerons par les noms des localités où elles sont ouvertes :

Le 1er comprend les carrières de Rimogne ;
Le 2e » » » de Deville et de Monthermé ;
Le 3e » » » de Fumay.

ARDOISIÈRES DE RIMOGNE.

Historique.—L'exploitation de l'ardoise, à Rimogne, paraît avoir eu lieu à une époque assez ancienne ; on parle d'écrits qui en reporteraient l'origine à environ 400 ans. Dans la Description des arts de l'Académie, de 1766 (mémoire sur l'art de tirer la pierre d'ardoise), on cite qu'à Rimogne, en 1760, on avait creusé jusqu'à 80 toises au-dessous du sol, et que les ouvriers estimaient cette profondeur à 12 ou 1500 pieds, suivant l'inclinaison des bancs ; du reste, ce n'est qu'à une date plus récente que les travaux d'exploitation ont dû se multiplier et s'agrandir sur les divers points de cette localité.

Situation et étendue. — Les ardoisières dites de *Rimogne*, sont situées sur les territoires des communes de Rimogne et d'Harcy ; elles occupent, à partir de la Sermone, en avant du village du Châtelet, une zone d'environ 2500 mètres de longueur, jusqu'au delà du ruisseau de la Richolle, sur le territoire d'Harcy, sur une largeur moyenne de 1000 à 1200 mètres.

Caractères et allure du gisement. — Les couches se dirigent de l'E. N. E. à l'O. S. O.; elles plongent au S. S. E. de 40 à 45°. Sept veines principales, d'une puissance peu régulière de 12 à 50 mètres, intercalées entre des bancs de quartz grenu, sont l'objet des exploitations actuelles. Le plan des feuillets n'est point parallèle à celui de la stratification ; il coupe, sous un angle d'environ 17°, le plan des bancs quartzeux. Les veines, à partir du ruisseau de la Richolle, vers l'E., paraissent se former en étreinte, ou bien se terminer en biseau, tandis qu'à l'O., elles augmentent d'épaisseur, changent de nature, sont accidentées et deviennent peu propres à l'exploitation.

Ces couches s'appuient, au nord, sur des roches porphyroïdes à gros cristaux de feldspath et de quartz; il paraît même, d'après les observations de M. Sauvage (statistique minéralogique du département des Ardennes), que j'aurai l'occasion de rappeler fréquemment dans la suite de ce rapport, que le porphyre et le diorite sont enchevêtrés dans les schistes ar-

doises, et que la roche amphibolique existe même au sud de toutes les exploitations de Rimogne.

Composition. — Ces veines d'ardoises sont principalement composées d'un schiste gris-bleuâtre, très-fissile, d'un tissu serré, assez tendre, dont le clivage est onctueux ; qui alterne et passe à d'autres schistes d'un gris-clair ou gris-verdâtre, plus durs que le précédent, écailleux, moins fissiles, qui se clivent avec plus de rudesse. Ceux-ci sont criblés de petits cristaux de fer oxidulé, affectant la forme d'octaèdres allongés dans le sens du long grain; ces cristaux, souvent d'une ténuité extrême, ne présentent plus, sur la surface des feuillets, que des points noirâtres. Les veines aimantifères se rapprochent, sur certains points, des bancs quartzeux qui forment le toit et le mur.

Hétérogénéité. — Indépendamment du fer oxidulé dont le schiste gris-verdâtre est imprégné, on remarque dans l'ensemble, la pyrite, en cristaux assez volumineux, et des filons de quartz blanc. Le schiste ardoise, assez homogène dans certaines positions, change de nature sur d'autres, se mélange de parties quartzeuses qui le rendent peu avantageux à l'exploitation.

Accidents. — Les joints qui divisent la masse schisteuse sont assez réguliers et la coupent sous différents angles. Ces joints ne sont pas aussi fréquents qu'on pourrait le désirer pour faciliter le travail d'extraction.

Mode d'exploitation. — L'exploitation de l'ardoise, à Rimogne, donne lieu à des travaux souterrains considérables : on exploite par ouvrages rectangulaires descendants et remontants. Dans les couches qui ont une grande épaisseur, les travaux préparatoires sont ordinairement pratiqués vers le milieu de la veine, afin de pouvoir exploiter dans les deux sens que nous venons d'indiquer; celles qui ont moins d'épaisseur sont souvent exploitées en descendant. Dans tous les cas, on ménage des piliers de 10 à 12 mètres de côté, pour prévenir les éboulements. Les ouvrages et les piliers sont disposés en

échiquier ; de manière que la ligne d'intersection d'un ouvrage et d'un pilier du rang postérieur, vienne aboutir vers le milieu de la face de l'ouvrage antérieur.

Ouvrages descendants. — Pour préparer un ouvrage descendant, qui a ordinairement 12 à 15 mètres de côté, on exécute d'abord le crabotage. Cette opération consiste à enlever, dans le sens de la couche et sur toute la surface de l'ouvrage, une épaisseur de roche de 0m60 ; ensuite, la pierre s'exploite par tranches nommées *longueresses*, ayant environ 3 mètres de hauteur, suivant l'inclinaison. Pour obtenir ces longueresses, lorsqu'il n'y a pas de joints qui favorisent la division, on est obligé de couper, non seulement entre chaque longueresse, mais sur les côtés de l'ouvrage d'exploitation. Ce coupage, qui se continue sur toute l'épaisseur du massif à exploiter, perpendiculairement à la stratification, s'exécute successivement par entailles triangulaires de 0m20 à 0m50 de profondeur. Les longueresses étant disposées par gradins en contre-pente, la pierre se détache en plaques de l'épaisseur des entailles, au moyen de coins enchâssés dans le sens du clivage.

Ouvrages remontants. — Le vide inférieur, c'est-à-dire l'ouvrage exploité en descendant, ayant été remblayé par les débris provenant d'ouvrages environnants, en ménageant un espace vers le toit qui tient lieu de crabotage, on pratique, devant et derrière, une entaille d'un mètre environ de profondeur. Pour abattre, sur cette épaisseur, une tranche de la grandeur de l'ouvrage, on prépare des trous de mine, de distance en distance, dans le sens de la tranche, que l'on charge faiblement pour l'ébranler ; on achève de l'abattre au moyen d'une mine disposée perpendiculairement à la couche.

Débits des blocs. — Lorsque les blocs sont entièrement disjoints dans les ouvrages descendants, ou abattus dans les ouvrages remontants, il existe déjà une première division ; ensuite on les subdivise suivant le long grain, au moyen de

coups de mine, puis avec des coins en chassis, à coups de masse ; on obtient des fragments en table, que l'on transporte à dos au jour, ou que l'on remonte à l'aide de machines pour être soumis au travail du fendeur.

Le travail de celui-ci consiste : 1° à querner, c'est-à-dire à faire une entaille triangulaire sur le bord du bloc, et, à l'aide d'un coup de maillet appliqué sur un côté de l'entaille, la cassure a lieu en long ou en travers ; 2° à amoïner ou refendre les fragments provenant de l'opération précédente, en plaques plus minces ; on refend ensuite chaque plaque en deux parties, et chacune de ces parties en deux autres, qui ont l'épaisseur de l'ardoise ; 3° on casse ensuite les feuillets (la fissilité de la pierre permet de la refendre en grandes lames) en morceaux suivant les dimensions des ardoises que l'on veut obtenir.

Machines à tailler les ardoises. — On s'est servi à Rimogne d'une machine à tailler les ardoises ; c'est une cisaille à double lame courbe, qui présente la forme de l'ardoise que l'on veut obtenir. Bien qu'on prétende avoir fabriqué 800 ardoises par heure au moyen de cette machine, elle n'est plus en usage ; on rondit maintenant l'ardoise à la manière ordinaire avec le couperet.

Moyens de transport. — Le transport intérieur des blocs d'ardoises et des déblais, a lieu généralement à dos d'hommes ; dans quelques exploitations, il s'opère à l'aide de machines.

Épuisement des eaux. — Dans les ardoisières les plus importantes, on a construit des puits verticaux de 100 et 170 mètres de profondeur, lesquels atteignent les parties inférieures des travaux. Au moyen de pompes placées dans ces puits, qui sont mises en mouvement par des machines hydrauliques ou des machines à vapeur, les eaux sont ramenées au jour ou bien jusqu'au niveau des galeries d'écoulement.

Aérage et éclairage. — On se sert habituellement de chan-

delle pour l'éclairage dans les travaux. L'aérage s'établit toujours facilement par les différentes communications à jour.

Des ouvriers. — Les ouvriers, tant mineurs que fendeurs, forment des sociétés ou brigades qui entreprennent l'exploitation des ouvrages ; ils reçoivent tant du mille d'ardoises. Le prix d'entreprise varie souvent ; il est établi d'après la bonne ou la mauvaise qualité de la pierre. On paye le plus ordinairement : pour la Grande-Carrée, 15 fr. ; le S'-Louis, 9 fr. ; le Barat, 10 à 11 fr. ; la Flamande et la Démelée, 6 fr. ; enfin pour la Commune, 3 fr. Les travaux extraordinaires, tels que le crabotage, qui coûte de 20 à 24 fr. le mètre carré, et le percement des galeries, restent à la charge de l'exploitant. On estime que le prix de la journée de travail est, pour les craboteurs, de 3 fr. 50 à 4 fr. ; pour les coupeurs, de 2 fr. 50 à 3 fr. ; pour le manœuvre, de 2 fr. à 2 fr. 40 ; pour le fendeur, de 2 fr. 50 à 3 fr.

Des ardoises. — L'ardoise de Rimogne présente deux variétés : l'ardoise dite grenue, et l'ardoise bleue. L'ardoise grenue a généralement une couleur gris-verdâtre, passant au gris-bleuâtre, nuancée quelquefois de rougeâtre ; elle est criblée de petits cristaux de fer oxidulé isolés, disposés en ligne suivant le long grain, ou réunis en groupes, qui lui donnent une surface hérissée. Ces cristaux, qui sont comme implantés dans la pierre, rendent le clivage rude et tenace, la surface de l'ardoise peu unie, et provoquent, dans la division en feuillets, la formation d'une infinité d'écailles sur l'ardoise, lesquelles favorisent l'action capillaire de l'eau et le dépôt de matières terreuses, lorsqu'elle est posée sur les toits. La fabrication du Barat et de la Démelée (ardoises épaisses) indique que la division en feuillets ne s'exécute facilement qu'autant que les lames ont une certaine épaisseur.

L'ardoise bleue a une couleur plus foncée que la précédente et contient peu ou point de cristaux d'aimant ; elle est douce au toucher, moins dure que l'ardoise grise ; sa surface est unie,

finement écailleuse. Le clivage est onctueux, facile et régulier jusque sur les lames schisteuses les plus minces. Voir le tableau A, pour les noms, les dimensions, l'épaisseur, le poids et le prix de vente des ardoises de Rimogne.

Détails statistiques. — Quoique l'ardoise de Rimogne soit connue comme étant d'une qualité inférieure à celles de Fumay et d'Herbeumont, la richesse des veines, le peu d'accidents que l'on y rencontre, et la fissilité remarquable des schistes bleuâtres, sont sans doute les causes qui ont engagé les exploitants, réunis en société dans plusieurs établissements, à consacrer des capitaux considérables pour agrandir les travaux, qui sont devenus comparables à ceux des grandes mines.

L'état suivant fait connaître les noms des carrières, le montant de la fabrication en 1843, et le nombre d'ouvriers employés dans chacune d'elles.

NOMS DES CARRIÈRES.	NOMBRE D'OUVRIERS.	QUANTITÉS D'ARDOISES FABRIQUÉES.	Observations.
Grande-Ardoisière.	320	32,000,000	Avant 1833, la fabrication s'élevait annuellement à 20 et 25 millions. En 1835 et 1836, elle a été d'environ 30 millions.
S^{t}.-Quentin.			
Truffy.	150	12,000,000	
Pierka.			
La Rocaille.	50	4,000,000	
Fosse-au-Bois . . .	30	2,400,000	
Fosse-de-l'Étang. .	10	800,000	
TOTAUX . . .	560	51,200,000	

On voit, par l'état qui précède, que l'exploitation est continuée dans 7 carrières. On emploie, tant pour l'extraction que pour l'épuisement des eaux, 4 machines à vapeur de la force de 10 à 15 chevaux, 3 machines hydrauliques et 3 manéges.

Débouchés. — Les principaux débouchés pour les ardoises de Rimogne, sont les départements des Ardennes, de l'Aisne, de l'Oise, du Nord, etc.

Prix de transport. — On paye pour le transport du mille d'ardoises, de Rimogne au port de Charleville, 1 fr.; de Rimogne à Rheims, 6 fr. 50; de Charleville à Compiègne, 5 fr. 50; à Soissons, 5 fr.; à Amiens, 6 fr. 50. Le transport s'effectue par le canal de la Bar, ou bien par la Meuse, en transit par la Belgique.

ARDOISIÈRES DE DEVILLE ET DE MONTHERMÉ.

Historique. — Les ardoisières de Deville et de Monthermé paraissent avoir été exploitées à une époque au moins aussi ancienne que celles de Rimogne. On cite particulièrement la carrière St-Dominique, à Deville, comme une des plus anciennes; on y remarque les traces de vieux travaux à ciel ouvert. L'exploitation dite de St-Louis, laquelle aurait donné son nom à un échantillon d'ardoise que l'on fabrique beaucoup dans la contrée, serait aussi l'une des premières qui furent ouvertes. En 1760, d'après la Description des arts de l'Académie, on aurait extrait l'ardoise à Deville, à 300 pieds sous le niveau de la Meuse.

Situation et étendue.—Les ardoisières de ce groupe, situées sur les territoires des communes de Deville et de Monthermé, sont ouvertes sur trois points : les carrières dites de Deville s'étendent de la Meuse, que les veines d'ardoises traversent jusqu'à environ 1,000 mètres au delà de ce village, à l'Ouest; celles dites de Monthermé sont situées vers l'extrémité occidentale de ce village, sur les deux rives de la Meuse, que les

couches traversent de nouveau, et au S. E. du même endroit, vers le point de jonction de la Meuse et de la Semoy, en amont du point où les veines repassent sur la rive droite du fleuve. On retrouve encore le schiste ardoise en remontant sur les rives de la Semoy; elles occupent ainsi une zone de 5000 mètres de longueur, sur une largeur moyenne de 1000 mètres.

Caractères et allure du gisement. — Les couches d'ardoises de cette localité paraissent être dans le prolongement de celles de Rimogne; elles ont la même direction et la même inclinaison; le plan des feuillets n'est point non plus parallèle à celui de la stratification. Ce système, qui s'appuie au nord sur les roches porphyroïdes, est également composé d'une succession de veines de schiste aimantifère et de schiste bleuâtre, intercalées dans des bancs quartzeux. Comme les couches sont recoupées trois fois par la Meuse, on peut reconnaître les mêmes veines dans des carrières assez éloignées les unes des autres, et observer qu'elles diminuent d'épaisseur à l'Ouest, tandis qu'elles éprouvent un renflement considérable à l'Est et se mélangent de bancs quartzeux qu'on ne retrouve pas à Deville.

Composition. — Le schiste exploité présente les mêmes variétés qu'à Rimogne; les cristaux de fer oxidulé, de grosseur variable, disposés en ligne suivant leur grand axe, affectent le plus souvent la forme allongée. Le schiste aimantifère existe presque exclusivement dans les couches peu épaisses, tandis que dans celles qui ont une forte épaisseur, le schiste bleuâtre domine. On trouve, dans cette pierre d'ardoise, des cristaux de pyrite assez volumineux.

Accidents. — La masse schisteuse est plus divisée à Deville qu'à Rimogne. On y remarque des joints assez réguliers, qui suivent une direction oblique au long grain; d'autres fissures, qui sont presque parallèles à la direction des couches, divisent encore la roche en tranches perpendiculaires à la stratification. Des lits quartzeux subdivisent les veines en bandes plus

ou moins épaisses. Enfin, on y rencontre des parties schisto-quartzeuses et des brouillages d'une certaine largeur, qui rendent la pierre impropre à l'exploitation.

Mode d'exploitation. — Les travaux préparatoires, dans les veines qui ont peu d'épaisseur, consistent en une galerie d'ouverture dirigée, suivant l'inclinaison, au toit de la couche à exploiter. De cette galerie on exécute, au toit et dans le sens de la direction des ouvrages indéfinis qui ont ordinairement 10 à 12 mètres de hauteur, suivant la pente, une espèce de crabotage sur toute la hauteur, et dont la profondeur, en avançant, est déterminée par des joints que l'on rencontre à des distances plus ou moins rapprochées ; elle est ordinairement de 60 à 70 centimètres. On abat ensuite, de haut en bas, à coups de mine, successivement toute l'épaisseur de la veine, en blocs de grosseur variable. On remblaye les vides en arrière, et on continue le crabotage à mesure que le front de taille avance horizontalement. On conserve, entre deux ouvrages, un massif ou éponte de 2 à 3 mètres d'épaisseur, qui se prolonge en longueur comme les ouvrages ; il sert à soutenir le toit et forme une digue pour retenir les eaux.

Dans les exploitations où les accidents de la surface permettent d'attaquer les couches suivant la direction, la galerie d'ouverture est dirigée perpendiculairement au long grain, et les ouvrages, ouverts au toit ou au mur de la veine, sont poussés suivant la direction. Dans les couches épaisses, on exécute le crabotage vers le milieu de la veine, en suivant un lit ou une tranche de schiste tendre; après avoir exploité la partie inférieure par ouvrages descendants, on reprend, lorsqu'ils sont remblayés, la partie supérieure ainsi qu'il a été indiqué.

Épuisement des eaux et transport des produits. — L'asséchement des carrières a lieu à l'aide de machines hydrauliques, ou de machines à vapeur. Le transport des produits se fait généralement à dos d'hommes.

Concession du droit d'exploitation. — La commune de Mon-

thermé, concède le droit d'exploitation dans ses propriétés, moyennant une redevance de la 20e ardoise.

Des ouvriers. — L'exploitation des ouvrages a lieu à tant le mille d'ardoises. Des sociétés, composées ordinairement de 5 ouvriers, font l'entreprise des ouvrages; ils doivent fournir la poudre, les outils et la lumière; ils reçoivent, pour le St-Louis, 10 fr., quelquefois 14; pour le Barat, 8 et 9 fr.; pour la Flamande, 5 et 6 fr.; pour la Commune, 3 fr. Le creusement des galeries se paye à part; il coûte d'ordinaire de 30 à 35 fr. le mètre d'avancement; du reste, ces différents prix sont variables, d'après le plus ou le moins de facilité que présente l'exploitation. On estime que le prix moyen de la journée de travail, de 10 heures, est de 2 fr. 50 à 3-50.

Des ardoises. — On exploite, comme à Rimogne, deux variétés d'ardoises : la grenue avec cristaux de fer oxidulé, et la bleuâtre sans aimants. Les mêmes observations leur sont applicables. Les ardoises grenues ont généralement une forte épaisseur, laquelle est souvent inégale, parce que le clivage ne s'exécute régulièrement que sur des feuillets assez épais.

Détails statistiques. — L'état suivant indique les noms des carrières en activité en 1843, le nombre d'ouvriers qui y étaient employés, et le montant de la fabrication pour chacune de ces exploitations.

NOMS des CARRIÈRES.	NOMBRE D'OUVRIERS.	QUANTITÉS D'ARDOISES FABRIQUÉES.	Observations.
St-Barnabé.	125	9,000,000	Il existe 7 carrières inactives ou abandonnées.
Le Canal.			
La Carbonière. . . .	60	4,000,000	
St-Jean de l'Espérance.	10	800,000	
La Vieille-Carbonière .	25	2,000,000	
St.-Walfroid	25	1,800,000	
St-Louis-sur-Meuse. . .	30	2,000,000	
L'Echina.	70	4,500,000	
Le Rapparent.			
Malhanté.	30	2,000,000	
Sle-Catherine.	20	1,500,000	
Fayt.	6	»	Travaux préparatoires.
Magour	10	700,000	
TOTAUX. . . .	411	28,300,000	

D'après les renseignements qui précèdent, on voit qu'il existait, en 1843, 13 carrières en activité; 2 machines à vapeur et 9 machines hydrauliques sont employées à l'exploitation.

Débouchés. — La plus grande partie des ardoises de ce groupe remonte la Meuse jusqu'à Charleville et Sedan. Le placement a lieu particulièrement dans la Champagne, où elles sont presque exclusivement employées, ainsi que dans les contrées où l'on se sert de l'ardoise de Rimogne. Le transport se fait par la Meuse et le canal de la Bar; on paye de Deville à Charleville 50 centimes par mille.

ARDOISIÈRES DE FUMAY.

Historique. — Les premières carrières d'ardoises de Fumay paraissent avoir été ouvertes sur l'emplacement qu'occupe aujourd'hui cette ville. Monet, dans son atlas minéralogique, mentionne une de ces carrières, commencée en 1708. Mais si l'on admet, et cela paraît assez probable, que ces anciennes ardoisières aient été exploitées avant celle dite de Sainte-Anne, il faudrait en reporter l'origine au commencement du 15e siècle; car M. Sauvage, dans sa statistique minéralogique du département des Ardennes, dit que les travaux de Sainte-Anne ont été repris et abandonnés plusieurs fois; qu'au 16e siècle cette carrière était en exploitation, et que le 20 octobre 1601, après avoir été abandonnée, l'électeur de Trèves, propriétaire du tréfond, la concéda au sieur Jean Noblet, moyennant la redevance de la treizième ardoise.

Situation et étendue. — Les ardoisières de ce groupe, situées sur les territoires des communes de Fumay et de Haybes, occupent, à partir des escarpements de la rive droite de la Meuse, à environ 1,000 mètres à l'Est du village de Haybes, une zone d'environ 10,000 mètres de longueur, en suivant de Fumay la direction du ruisseau d'Alice, et une largeur moyenne de 2 à 3,000 mètres; elle comprend, sur la rive gauche du ruisseau d'Alice, une partie du territoire belge. Il existe encore quelques ardoisières ouvertes dans le prolon-

gement de cette zone, vers le gué d'Hossus et Cul-des-Sarts (Belgique), ainsi qu'au Sud, dans les environs de Revin, Regnowez et Éteingnières.

Caractères et allure du gisement. — Les couches d'ardoises que l'on exploite à Fumay et dans les environs, présentent beaucoup d'irrégularités. La direction générale est de E. N. E. à l'O. S. O.; l'inclinaison moyenne est de 27°, E. S. E. Les carrières les plus importantes de Fumay sont ouvertes dans deux veines principales de schiste violet, intercalées dans des bancs quartzeux. La supérieure (celle que l'on exploite au Moulin-Sainte-Anne) a une épaisseur de près de 8 mètres; elle est formée de 6 tranches de pierres d'ardoises, entre lesquelles sont intercalés de petits lits quartzeux. Ces tranches se subdivisent à leur tour par des bandes minces de schiste verdâtre, parallèles à la stratification. La couche inférieure, dans laquelle serait ouverte la carrière des Trépassés, composée de schiste violet, divisée aussi par des bandes verdâtres et des lits quartzeux, a une puissance plus considérable: à Folemprise, où elle est exploitée, on enlève une épaisseur d'environ 18 mètres, et, à la carrière de l'Ile, 7 à 8 mètres, sans que l'on ait atteint le toit et le mur. Le plan de clivage, dans ces veines, forme avec celui de la stratification un angle de 15 à 20°.

Les travaux d'exploitation ont fait reconnaître que ces couches, dans la direction du N. E. au S. O., se replient plusieurs fois sur elles-mêmes, en se contournant et se relevant au S. O. D'après cette disposition, on serait d'abord porté à croire qu'il existe une succession de couches superposées; mais, si l'on examine attentivement le terrain à la surface, on remarque des plissements analogues dans les roches quartzeuses et schisteuses qui bordent les contournements de la Meuse, ainsi qu'au Sud et à l'Est de Fumay.

Une troisième couche, composée de schiste bleu-foncé, de 6 mètres de puissance, que l'on exploite à la carrière dite des Peureux, paraît superposée aux deux premières; mais l'action du plissement qu'elle a subi, comme les précédentes, pourraient

bien l'avoir renversée sur elle-même. On trouve à l'E. de Haybes, au S. E. de Fumay et au S. vers Revin, des couches, également d'un bleu-foncé, qui semblent former le fond du bassin dans lequel a été déposé le schiste violet que l'on exploite à Fumay.

Composition. — Ces couches d'ardoises sont composées d'un schiste assez homogène, très-fissile, d'un tissu nerveux qui passe au compacte; la couleur est d'un violet plus ou moins foncé, passant au rougeâtre et au verdâtre. On remarque, dans les schistes violets, des bandes verdâtres et des taches lenticulaires de la même couleur, contenant quelquefois un point noirâtre qui semble en être le noyau.

Le schiste bleu-noirâtre est beaucoup plus compacte, d'un aspect satiné; il se clive nettement et très-régulièrement. On le trouve intercalé en veines peu épaisses, dans les assises quartzeuses qui se succèdent de Fumay à Revin. Ce schiste, contenant des pyrites, s'altère facilement; on remarque qu'il éprouve une décomposition assez rapide, notamment entre Fumay et Revin, à la Roche-Taillée.

Accidents. — La masse schisteuse est peu divisée; on y rencontre cependant de joints, qu'on nomme couteaux, qui se prolongent vers le S. O. à de grandes distances, en coupant non-seulement la veine sur toute son épaisseur, mais aussi le toit et le mur. Un de ces joints fait faire un ressaut aux veines d'ardoises, à la carrière Saint-Gilbert, de 10 mètres. Le pélongrain est une partie de la veine qui est tourmentée, quelquefois sur une largeur de 10 à 15 mètres; le schiste se mélange de parties quartzeuses, ou il est contourné, de manière à ne plus donner des feuillets droits et assez grands pour l'ardoise. Le plet est un ensemble de plis que fait le plan des lames schisteuses; une ligne légèrement brisée, à des distances plus ou moins rapprochées, représente assez bien en coupe cet accident. Il existe encore d'autres fissures qui subdivisent la masse; on remarque, outre les lits verdâtres parallèles au plan de stratification et obliques aux joints de clivage, des

veines et des noyaux de quartz blanc, dans lesquels on trouve de la chaux carbonatée spathique.

Mode d'exploitation. — On exploite l'ardoise à Fumay par ouvrages remontants. Après avoir exécuté les travaux d'ouverture, on perce un forage ou galerie au toit de la couche, suivant l'inclinaison, jusqu'au point où l'on veut préparer un atelier d'exploitation, puis une foncée verticale jusqu'au mur; on s'arrête à une tranche de schiste friable, pour y établir, avec plus de facilité, un deuxième forage et ensuite le crabotage. Si la couche doit être exploitée en deux parties, l'une en remontant, après avoir pris l'inférieure en descendant, le forage se pratique vers le milieu de la couche, également dans une partie moins difficile à attaquer. Le crabotage consiste à enlever une épaisseur d'environ 1^m de la veine, sur toute la surface de l'ouvrage, lequel a ordinairement 10 à 12 mètres de longueur, sur 15 mètres de largeur; ce crabotage s'exécute moins difficilement en remontant successivement et en avançant dans le sens où plonge le plan des feuillets. On procède ensuite au coupage, en pratiquant dans la veine une entaille triangulaire sur les côtés de l'ouvrage, laquelle est approfondie jusqu'au lit ou caillou qui subdivise les couches.

Pour prévenir la chute du bloc à abattre, on laisse aux angles de l'ouvrage de petits piliers, appelés *boutices*, qu'on enlève ensuite, ainsi que les étais qu'on aurait pu y placer. Cette masse se détache d'elle-même, ou bien on en provoque la disjonction par de faibles coups de mine. Le bloc étant abattu et débité, on exploite de la même manière les veines supérieures. Le forage est ensuite continué au mur, sur 15^m de profondeur, pour recommencer un nouveau crabotage; on laisse à la tête de ce deuxième crabotage un pilier de 6^m de côté, puis l'on répète le coupage et l'abatage comme il a été dit. Il arrive ainsi qu'entre deux massifs longitudinaux, on a exploité 26^m de longueur en deux parties, en respectant toutefois, vers le milieu, des piliers espacés entre eux de 9^m. Ces massifs longitudinaux se nomment *nayes*; ils servent à

soutenir le ciel des ouvrages, ainsi que les piliers isolés, et à contenir les eaux. Pendant que les ouvrages compris entre deux nayes ou épontes sont continués suivant la direction, on en prépare de nouveaux au delà de l'éponte inférieure.

Division des blocs. — Le bloc abattu à l'aide du coupage se débite en bandes, suivant le long grain, par des coups de mine; ensuite ces fragments sont subdivisés suivant les joints de clivage, à l'aide de coins et dans le sens de l'épaisseur, en y provoquant des joints, c'est-à-dire en appliquant des coups de maillet sur les bords des entailles que l'on y a faites. On obtient des fragments ou dalles que l'on appelle *spartons*, qui, transportés au jour, sont débités de nouveau en feuillets et taillés dans la forme des ardoises qu'on veut obtenir.

Épuisement des eaux. — L'épuisement des eaux, dans les travaux, a lieu au moyen de pompes, qui sont mises en mouvement par des machines hydrauliques ou des machines à vapeur.

Transport des produits. — Le transport des produits, de l'intérieur au jour, se fait à dos d'hommes; dans quelques exploitations, on a établi des chemins de fer dans le sens de la pente; les produits sont alors remontés au moyen de machines.

Des ouvriers. — Les ouvrages s'exploitent à l'entreprise; on paye ordinairement, par millier d'ardoises fabriquées, 8 à 9 fr. pour l'échantillon dit St.-Louis; 8 fr. pour la Flamande, et 4 fr. pour la Commune. Ces prix sont variables, suivant que la pierre s'exploite avec plus ou moins d'avantage. L'exploitant retient sur ces prix le 6e; de sorte que, pour six milliers d'ardoises fabriquées, l'ouvrier ne reçoit que les $^5/_6$ du prix d'entreprise. L'entrepreneur donne aux ouvriers de l'intérieur, qui sont à la journée, environ 17 fr. par semaine à chacun, pour un travail journalier de 9 à 10 heures. Les fendeurs reçoivent les $^2/_5$ du prix d'entreprise, mais ils restent chargés du transport de la pierre au jour. Le prix moyen de la journée de travail s'élève, d'après ces données, de 2 fr. 50 à 3 fr.

Des ardoises. — Les ardoises de Fumay présentent trois variétés de couleur : les ardoises violettes, les ardoises d'un

bleu noirâtre et celles d'un gris-verdâtre. Les ardoises violettes, tachetées quelquefois de verdâtre, passent dans quelques exploitations au rougeâtre; dans d'autres, elles ont une teinte plus foncée, tirant au bleuâtre. Les ardoises vertes proviennent des veines de schiste verdâtre, qui sont souvent rapprochées des bancs quartzeux. Quoique l'ardoise violette soit assez homogène, on y remarque souvent des rides obliques qui proviennent d'un diminutif de pli, ou bien de la présence de parties quartzeuses qui la rendent rugueuse, ou qui y forment des stries transversales. Le schiste violet foncé s'altère légèrement par suite d'une longue exposition à l'air et à l'humidité. Les ardoises d'un bleu noirâtre sont extrêmement compactes, unies et douces au toucher; elles se recommandent d'abord par leur belle couleur et leur tissu satiné; mais lorsqu'elles sont exposées quelque temps à l'air et à l'humidité, la surface se charge d'une légère teinte jaunâtre, qui annonce que cette ardoise s'altère rapidement; sans doute, à cause des grains imperceptibles de pyrite décomposable qu'elle contient. Voir le tableau annexe A, pour les noms, les dimensions, le prix, etc., des ardoises de Fumay.

Redevance à charge des exploitations. — La plupart des ardoisières des environs de Fumay sont ouvertes dans des terrains appartenant aux communes ou à des particuliers non-exploitants. Le droit d'exploitation se concède moyennant une redevance. L'ardoisière de Ste.-Anne rendait, ci-devant, la 15e ardoise; cette charge est réduite maintenant à la 30e. St.-Gilbert paye la 15e, et Folemprise la 17e $^1/_2$, etc.

Détails statistiques. — Plusieurs de ces carrières sont considérables et atteignent de grandes profondeurs par travaux souterrains; au Moulin-Ste.-Anne, ils ont acquis un développement de 350 mètres suivant l'inclinaison, et une largeur presque aussi considérable. Les travaux de St.-Gilbert sont parvenus à une distance de 200m des affleurements; d'autres sont moins importantes ou inactives. L'état suivant indique les noms des carrières en activité, le nombre d'ouvriers et la quantité d'ardoises fabriquées en 1843.

NOMS DES CARRIÈRES.	NOMBRE D'OUVRIERS.	QUANTITÉS D'ARDOISES FABRIQUÉES.	Observations.
Le Moulin-Ste-Anne. .	400	25,000,000	Il existe 6 ardoisières inactives ou abandonnées.
St-Gilbert.	120	5,000,000	
Belle-Rose	80	4,000,000	
St-Lambert.	40	2,500,000	
Lemery	30	2,000,000	
L'Espérance.	20	1,000,000	
Folemprise et Charnois.	40	2,500,000	
St-Pierre	45	2,500,000	
Hautes-Rances	20	1,000,000	
Mont-Dé.	20	1,000,000	
Bourache	4	500,000	
TOTAUX. . .	819	47,000,000	

La fabrication s'est élevée, les années précédentes, pour les ardoisières des environs de Fumay, à plus de 50 millions. On peut attribuer la diminution du chiffre des produits de 1843 à la baisse du prix des ardoises et aux difficultés d'exploitation.

Il existe 3 machines à vapeur, 4 machines hydrauliques et 2 manéges, servant à l'exploitation et à l'épuisement des eaux dans les carrières ci-dessus indiquées.

Débouchés. — Les ardoises de Fumay ont pour débouchés : la Belgique et, en France, la Picardie, l'Artois, etc., en transitant par la Meuse et la Sambre.

Une partie se place également dans les départements des Ardennes, de l'Aisne et de la Meuse. La quantité importée en Belgique, en consommation, serait le quart de la production totale; mais, d'après d'autres renseignements, Fumay vendrait annuellement en Belgique, environ 20 millions d'ardoises.

Prix de transport. — On paye, pour rendre les ardoises des carrières au port de Fumay, de 20 à 40 centimes par mille; de là à Namur, 1 fr. 50; à Huy, 1 fr. 75; à Charleville 1 fr. 25; à Rethel et Vouzières, 2 fr. 50, et à Compiègne, 7 fr. 50.

Arlon, le 1er février 1844.

ANNEXE A.

NOMS DES ARDOISES.	DIMENSIONS DE L'ARDOISE. HAUTEUR.	LARGEUR.	ÉPAISSEUR DU CENT (ou 10¼.)	POIDS DU (ou
	mètres.	mètres.	mètres.	kilogr
1re Carrée.	0,298	0,217	0,217 à 0,325 fine. 0,325 à 0,433 forte.	3 5
2e Id.	0,298	0,196	0,217 à 0,352	2
3e Id.	0,244	0,176	0,325	2
4e Id.	0,217	0,162	0,350	2
Poil-Taché	0,298 au plus.	0,162 au plus.	0,380 au moins.	5
Petit-Poil-Roux	0,244 et plus.	0,135 au moins.	0,406	3
Héridelle	0,380 environ.	0,108 et plus.	0,380	
Coffine	»	»	»	
Écaille-non-Épaulée . . .	0,244	0,135	0,250	1
Écaille-Épaulée	0,250	0,135	0,250	1
				R
Grand-Carré.	0,297	0,216	0,217 à 0,325	3
Grand-St.-Louis.	0,297	0,189	0,217 à 0,325	3
Barat-Grenu	0,320	0,189	0,312 à 0,416	3 4
Flamande.	0,270	0,162	0,260 à 0,290	2
Démelée	0,270	0,162	0,300 à 0,333	3
Commune.	0,244	0,122	0,250 à 0,300	2
Faiseaux	»	»	»	
				DEVILL
Grand-St -Louis.	0,300	0,190	0,260 à 0,330	3
Barat	0,300	0,190	0,315 à 0,425	3 4
Petit-St.-Louis.	0,270	0,162	0,270 à 0,300	2
Démelée	0,270	0,162	0,315 à 0,370	3
Commune	0,244	0,122	0,270 à 0,315	2
Faiseaux	»	»	»	
Grand-Carré-d'Angers. .	0,320	0,240	0,217 à 0,300	3 4
St-Louis.	0,297	0,189	0,300 à 0,350	3 3
Flamande	0,270 et moins.	0,162	0,250 à 0,280	2 2
Commune	0,270 id.	0,122 et plus.	0,220 à 0,250	2

distance d'ardoises rang.	Surface visible de la couverture produite par un millier d'ardoises.	Nombre d'ardoises employées par quatre mètres carrés de couverture.	PRIX DU MILLE en 1843, SUR PLACE.	Observations.
res.	mètres carrés.		frs. c.	Les différents échantillons d'ardoises carrées sont souvent épaulés; il en est de même des autres ardoises indiquées au tableau. Les carrées fines ont souvent une faible épaisseur. Les prix portés ci-contre, qui ont diminué depuis 1840 de 2 et 3 fr. au mille, sont pour les ardoises prises au port d'Angers.
	21,48	186	24. »	
	19,40	210	18. »	
	14,26	285	12. »	
	11,66	364	8. »	
environ.	17,50	215	16. »	
	10,94	325	8. »	
	»	»	9. »	
	»	»	35. »	
	10,94	363	12. »	
	10,40	385	10. »	
	21,40	185	21. »	
	18,70	215	16. »	
	19,65	205	14. »	
	14,40	278	12. »	
	14,40	278	12. »	
	9,60	416	7. »	
	»	»	2.50	Ardoises sans forme régulière.
HERMÉ.				
	18,80	214	16. »	
	18,80	214	14. »	
	14,40	278	12. »	
	14,40	278	12. »	
	9,60	416	7. »	
	»	»	2.50	
	24,99	»	22. »	Les prix ci-contre sont pour les ardoises prises au port de Fumay.
	18,70	215	17. »	
	14,40	278	15. »	
	10,80	370	6.50	

BOUVEAUX

DES

TRANCHÉES DE WIELMERSOM ET DE BOST;

PAR M. MENU,

INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES.

L'établissement, ou plutôt la consolidation des talus des tranchées de Wielmersom et de Bost, près de Tirlemont, a présenté de sérieuses difficultés.

A plusieurs reprises, le service de l'exploitation a failli être interrompu, à cause des éboulements continuels que l'on ne pouvait enlever assez à temps, malgré le nombre considérable d'ouvriers que l'on employait à ce travail, continué jour et nuit. Dans l'une de ces tranchées, celle de Bost, le passage a été entièrement fermé pendant trois jours : les convois devaient s'arrêter aux extrémités et les voyageurs parcourir à pied toute la longueur de la tranchée.

Une circonstance singulière mérite d'être signalée; c'est qu'aucun éboulement de quelque importance n'a eu lieu pendant l'excavation de ces tranchées. L'exécution des terrassements, commencée en 1836, a été entièrement achevée, ainsi que la pose de la première voie du railway, vers la fin de 1837; l'exploitation de cette partie de route a été établie en avril 1838, et ce n'est qu'un an après seulement, que des éboulements considérables ont eu lieu. Toutefois, dans la tranchée de Wielmersom, une partie des talus avait commencé à glisser dès le mois de juillet 1838, mais à un seul point fort restreint, et ce léger accident n'était pas de nature à faire pressentir pour l'avenir des accidents plus graves.

Ces tranchées, distantes l'une de l'autre d'environ 2000m, traversent deux petites crêtes du plateau qui sépare les vallons formés par les deux bras de la rivière la Geete, passant, l'un à Tirlemont et l'autre à Esemael. Ces crêtes, qui sont coupées par le chemin de fer à peu près perpendiculairement à leur direction longitudinale, sont peu élevées au-dessus du plateau; elles sont toutes deux un peu inclinées du sud au nord.

La tranchée de Wielmersom a 10m de profondeur au point le plus élevé, et 650m de longueur.

Celle de Bost, 7m50 de profondeur et 550m de longueur.

Ces tranchées diffèrent essentiellement, quant à la nature du sol et à la disposition des couches; cependant elles ont présenté les mêmes difficultés d'exécution.

La tranchée de Wielmersom est formée, à la partie supérieure, d'une couche de terre ordinaire ou argile sablonneuse, d'une épaisseur de 2 à 6 mètres et, plus bas, d'une infinité de petits filons de 0m05 à 0m05, et, dans quelques parties, de 0m10 à 0m20 d'argile plastique et de lignite, alternées et contournées en tous sens, mais formant des ondulations régulières. Ces couches descendent jusqu'à 1m50 environ au-dessous du niveau du railway; à cette profondeur, on trouve un banc d'argile très-dure, compacte et impénétrable aux eaux qui ont filtré à travers les couches supérieures.

Dans la tranchée de Bost, la partie supérieure, jusqu'à 1m50 environ plus haut que le niveau des rails, ne forme qu'une seule couche d'argile sablonneuse; sous cette couche, on trouve un banc d'argile plastique, de 2 à 3m d'épaisseur; c'est sur ce banc que les glissements ont eu lieu; tandis qu'à Wielmersom, la disposition toute particulière des couches a provoqué le glissement des terres à différents degrés.

C'est vers la fin de 1838 que les éboulements ont commencé à se produire; la saison ayant été extrêmement pluvieuse, la plupart des talus s'étaient en peu de temps affaissés; dans quelques parties même, les affaissements du terrain s'étendaient à 20 ou 30m au delà des crêtes. Les parties supé-

rieures croulaient, comme si elles eussent été minées, et la masse des terres, principalement dans la tranchée de Wielmersom, avançait constamment vers la cunette. En moins d'un mois, cette tranchée, qui avait été déblayée pour le placement de deux voies, se trouvait tellement retrécie, qu'il était impossible de conserver aucun fossé pour l'écoulement des eaux.

Pour remédier à cet inconvénient, on construisit, sous la voie même, un passage pour faciliter l'écoulement des eaux, en formant, sur 1m50 de profondeur, un encoffrement rempli de gros moellons (1).

Malgré la saison extrêmement mauvaise pour l'exécution de ces ouvrages, comme il s'agissait avant tout de maintenir la circulation libre sur les voies, plusieurs moyens provisoires de consolidation ont été tentés. On établit dans quelques parties des fascinages, de 3 à 4m de largeur, fortement consolidés. Ce moyen ayant été reconnu insuffisant (2), on essaya d'arrêter les éboulements par des pieux enfoncés à 6 et 7m de profondeur et liés avec des madriers de fortes dimensions. Ce barrage même ne put résister; en peu de jours, les pieux furent renversés.

Enfin on eut recours à un autre procédé qui réussit parfaitement, et ce succès a démontré tout l'avantage qu'on pouvait, dans certains cas analogues, retirer de l'adoption du système des bouveaux ou galeries souterraines.

Dans quelques parties de la tranchée de Wielmersom, le terrain ne s'affaissait pas à partir du fond de la cunette, mais bien à 4 ou 5m de hauteur au-dessus du railway; à cette hauteur, il existait une couche horizontale de terre plastique, d'environ 0m75 d'épaisseur. Tout le terrain au-dessus glissait sur cette couche et s'étendait sur plus de 25m au delà des talus.

(1) Ces moellons ont été entièrement soulevés par le refoulement des terres à côté de la voie; le railway était aussi à chaque instant renversé.

(2) Tout le fascinage qui avait été exécuté seulement sur 20 à 30 mètres de longueur, a été poussé jusque contre le railway. On a été obligé de le couper par parties.

Ayant reconnu, par le creusement de plusieurs fossés au delà des terrains mouvants, qu'il existait sur la couche de terre glaise une nappe d'eau qui s'élevait jusqu'à un et deux pieds de hauteur dans les fossés, on pratiqua des tranchées à travers le terrain glissant, et le fond de ces tranchées fut rempli sur 2 ou 3 pieds de hauteur, de fascines. Par ce moyen, on établissait un écoulement facile pour les eaux; il en résulta que les terrains, peu à peu, s'asséchèrent et cessèrent de se mouvoir.

On était donc parvenu à trouver l'expédient le plus propre à arrêter les éboulements; mais il n'était pas également praticable dans toutes les parties de la tranchée. Les glissements ayant eu lieu, dans la plupart des endroits, à plus d'un mètre en contre bas du niveau des rails, il était impossible d'ouvrir des fossés à cette profondeur, dans un terrain qui, sur plusieurs points, ne formait plus que de la boue. Il fallait nécessairement établir l'écoulement des eaux par des galeries souterraines. Quoique des travaux analogues eussent été exécutés, depuis plusieurs années, dans quelques tranchées du canal de Charleroy à Bruxelles et du canal d'Antoing, on ne possédait aucune donnée sur ce mode d'exécution(1).

On songea donc à faire venir des ouvriers mineurs intelligents, qui avaient ci-devant été employés aux canalisations et qui étaient au fait de ces constructions.

Les bouveaux doivent être établis sur une couche de terre dure.

Presque toujours on est obligé de descendre jusqu'au-dessous de la cunette pour trouver cette couche, qui doit résister à la pression des terrains supérieurs, lesquels, étant en mouvement, pourraient entraîner les bouveaux et même les couches sur lesquelles ils auraient été établis, l'action des bou-

(1) Ce fait prouve combien il est utile de donner de la publicité aux divers systèmes employés avec avantage dans les travaux qui ont présenté quelques difficultés.

C'est ainsi que l'on a pu, au moyen des plans et renseignements qui ont été fournis sur les travaux exécutés dans les tranchées de Wielmersom et de Bost, établir, sans aucun embarras, des bouveaux dans quelques tranchées de la section du chemin de fer de Courtrai à Mouscron.

veaux pouvant se produire de la même manière, en les établissant au-dessous d'une couche résistante. Il est préférable, à moins d'un cas tout à fait exceptionnel (tel que le glissement des terrains sur le roc ou sur une couche de terre très-dure et d'une forte épaisseur), de descendre au-dessous du fond de la cunette, pour les établir. Il peut aussi arriver, dans de profondes excavations, que l'on soit obligé de construire des bouveaux à différentes hauteurs, en les superposant les uns au-dessus des autres. C'est même presque une nécessité, quand il se trouve plusieurs couches de terre glaise de de quelque épaisseur, séparées par des couches de terre d'une autre nature. Ce cas s'est présenté sur quelques points de la tranchée de Wielmersom.

Le but principal de ces conduits souterrains est de donner passage aux eaux qui séjournent dans les couches supérieures, et de réprimer, par leur disposition en damier, l'action des terrains en mouvement. On obtient encore, au moyen de l'excédant d'ouverture laissé à ces galeries, un autre effet non moins important, celui de rompre les couches, qui, étant déplacées, se mêlent et forment des obstacles aux parties glissantes (1).

Les bouveaux ont ordinairement 1^m50 de hauteur, sur 1^m20 à 1^m30 de largeur; ils sont plus ou moins rapprochés, suivant la nature des terrains à assécher. Cependant ils ne pourraient guère produire d'effet, si on les établissait à plus de 8 ou 10 mètres de distance en tout sens. Ils doivent être prolongés à plusieurs mètres au delà des terrains qui ont commencé à s'affaisser, et, dans tous les cas, au moins à 3 mètres au delà de la crête des talus.

Comme on l'a dit ci-dessus, les bouveaux ont non-seulement pour effet de donner passage aux eaux stagnantes, mais encore de briser les couches supérieures sur lesquelles les glissements ont lieu.

Voici comment on procède : le bouveau, avec les dimen-

(1) Les couches de terre glaise finissent par prendre l'aspect du marbre le plus poli. C'est un effet remarquable.

sions indiquées ci-dessus, est boisé dans toute sa longueur; lorsqu'il est entièrement achevé, on place, sur 2 ou 3 mètres de longueur, en commençant par l'extrémité intérieure, soit des moellons, soit des fascines, sur 0^m50 à 0^m60 de hauteur.

Quand ce sont des fascines, on fixe chaque lit par de forts piquets. Ce remplissage partiel achevé, on ôte les boisages sur la longueur de la partie remplie, et l'on continue ainsi, par section et à reculons, pour le remplissage complet du bouveau. Il s'ensuit que l'excédant d'ouverture se comble par la chute des couches supérieures, qui se brisent et forment des obstacles aux parties glissantes.

L'écoulement des eaux que reçoivent les bouveaux est établi au moyen d'un conduit rempli en fascines ou en moellons, et construit sur toute la longueur de la tranchée, passant aux embouchures et un peu plus bas que le fond des bouveaux. Ce conduit, qui a été établi à la tranchée de Wielmersom il y a plus de quatre années, n'a subi nulle avarie; les eaux n'ont cessé d'y couler, et souvent avec abondance.

L'établissement des bouveaux est, sans aucun doute, le meilleur moyen de consolidation que l'on puisse employer pour arrêter le glissement des terres. Il est même plus que probable que, dans beaucoup de cas, c'est le seul qui puisse donner des résultats satisfaisants.

Cependant il arrive que des parties de terrain, dont le mouvement a été arrêté par la construction de bouveaux, recommencent à glisser après une année, et même après un plus long laps de temps. Ce mouvement est certainement moindre que le premier; mais il exige parfois l'établissement de nouveaux bouveaux. Cet effet, qui s'est produit à plusieurs reprises au canal de Charleroy, s'est représenté aux tranchées de Wielmersom et de Bost, principalement dans cette dernière tranchée.

Voici ce qui donne lieu au retour des glissements, même après plusieurs années.

Quand la couche de glaise plastique a une forte épaisseur, on n'enlève, en construisant les bouveaux, qu'une certaine

partie de cette couche ; la partie supérieure se brise, et il s'intercale, entre les ruptures, des couches de terre d'une autre nature. Les conditions n'étant plus les mêmes, les causes du glissement disparaissent ; mais peu à peu les parties rompues de la couche s'étendent, par la pression des couches supérieures, et finissent par former une nouvelle couche, assez régulière pour que les glissements aient lieu de nouveau.

Cette observation a été faite à la tranchée de Bost, où la couche de terre a jusqu'à 3 mètres d'épaisseur.

Dans quelques parties, elle s'était reconstituée régulièrement au-dessus des anciens bouveaux et avait déterminé de nouveaux glissements.

Ce fait de la formation, sous une forte pression, des couches régulières d'argile ou de glaise plastique, par des parties de cette terre placées en bloc, ou même isolément, a été démontré à l'évidence par les observations faites au grand remblai près de Tirlemont. On avait employé, dans ce remblai, des terres provenant de la tranchée de Bost, parmi lesquelles il se trouvait de la terre glaise. Ces terres, qui ont été mêlées avec d'autres de bonne qualité, ont formé des couches régulières, très-étendues, et souvent extrêmement minces (moins d'un centimètre), qui ont occasionné des éboulements que l'on n'est parvenu à arrêter qu'après avoir construit une grande quantité de bouveaux et tranchées fascinées.

La formation de ces couches est l'œuvre du temps, et ce n'est que plusieurs années après la construction de la route qu'on a pu signaler leur présence dans les remblais. Il faut donc bien se garder d'employer cette terre pour la construction des remblais de quelque élévation (1).

Quoiqu'il soit à peu près démontré que toutes les tranchées, même celles de moins de 5 mètres d'élévation, qui contiennent des couches argileuses, compactes et grasses (soit au

(1) Sur la section de Courtrai à Mouscron, on avait commencé à employer de la terre glaise dans un remblai ; quand on a eu connaissance de ce qui s'était passé à Tirlemont, on l'a fait enlever avant de la faire recouvrir par d'autres terres.

fond de la cunette, ou même au milieu de la profondeur de la tranchée), et qui sont recouvertes de terrain perméable, auront des éboulements dans les talus, il ne faut pas en conclure que l'on doive, avant que des glissements se soient produits, entreprendre la construction de bouveaux, ou recourir à d'autres moyens de consolidation. Il serait prudent d'attendre que quelque mouvement eût eu lieu; seulement, il conviendrait de donner une plus grande largeur à la cunette et d'augmenter l'inclinaison des talus.

On pourrait, quand des glissements commencent à se former sur quelques points, faire creuser à ces endroits, dans les talus et perpendiculairement à la direction de la tranchée, des coupures, les enfoncer aussi bas que possible, en les maintenant au moyen d'un boisage; remplir le fond, sur un mètre de hauteur, en fascinage et clayonnage; creuser, contre chacune de ces coupures, des puits de 3 à 4 mètres plus bas que le fond de la cunette, et faire épuiser souvent, afin d'attirer sur ces points les eaux qui sont arrêtées par les couches imperméables. Ce moyen paraît préférable à la construction de bouveaux; mais il n'est pas toujours praticable. On en a fait l'essai dans quelques parties de la tranchée de Bost et du remblai de Tirlemont. Quand les glissements se sont reproduits, on a obtenu un très-bon effet de l'application de ce système.

Les bouveaux sont construits ordinairement par des ouvriers mineurs qui travaillent à la tâche. Ils sont payés 3 fr. 50 à 4 fr. pour un mètre de longueur. Le travail des puits se paye 5 francs le mètre d'enfoncement. Les fournitures de bois, pailles, clous, etc., coûtent, par mètre de longueur de bouveau, de fr. 6 à fr. 6,50. Dans les localités où il se trouve des moellons en abondance, le prix de remplissage serait réduit de beaucoup. Il faut quelquefois plusieurs milliers de mètres de bouveaux pour consolider une tranchée.

Tirlemont, le 1er juillet 1843.

RECHERCHES
THÉORIQUES ET EXPÉRIMENTALES

SUR LES MACHINES DESTINÉES A L'AÉRAGE;

PAR M. L. TRASENSTER,

SOUS-INGÉNIEUR DES MINES.

PRÉLIMINAIRES.

1. Les fréquents désastres occasionnés dans les houillères par l'inflammation du grisou, ont appelé depuis longtemps l'attention des ingénieurs et des savants sur les moyens de soustraire la classe ouvrière des mines à ce terrible fléau. Des recherches nombreuses ont été entreprises, et, dans ces derniers temps, secondées par le gouvernement belge, elles ont donné naissance à plusieurs écrits et à des découvertes utiles. M. Mueseler, par les modifications ingénieuses qu'il a fait subir à la lampe de Davy, a rendu infiniment moins redoutables les dangers que présentait l'éclairage des mines; néanmoins quelques circonstances peuvent encore déterminer l'explosion des gaz combustibles.

Non-seulement les lampes sont exposées à des accidents qui leur ôtent leur efficacité comme appareils de sûreté, mais il existe une cause de danger permanente et beaucoup plus sérieuse : c'est le tirage à la poudre, dont certains travaux réclament impérieusement l'emploi.

La vie de l'ouvrier est donc gravement exposée, chaque fois que l'air se trouve vicié par la présence de gaz inflammables. Le seul préservatif infaillible, c'est d'empêcher cette condition périlleuse de se réaliser, en déterminant un appel d'air suffisant pour balayer les ateliers d'exploitation, et surtout les parties de la mine où l'on doit recourir à l'usage de la poudre.

Si l'on consulte la statistique des accidents survenus dans les houillères, l'on constatera que les explosions de grisou ont eu lieu, à très-peu d'exceptions près, du commencement d'avril au mois de septembre, c'est-à-dire, lorsque l'état de l'atmosphère est peu favorable à la ventilation, et, la plupart, au printemps, lorsque les premières chaleurs viennent changer les conditions de sécurité des ouvriers, sans qu'ils y soient préparés. Les dernières catastrophes arrivées, dans la province de Liége, à Ougrée et au Horloz, ont eu probablement pour cause première l'insuffisance momentanée de la ventilation, qui a permis au grisou de s'accumuler dans les travaux et de s'enflammer ensuite par la déflagration de la poudre.

2. L'emploi de moyens propres à assurer d'une manière régulière le renouvellement de l'air dans les mines à grisou qui peuvent se trouver dans de mauvaises conditions, deviendra un complément nécessaire des mesures de prudence que prescrit l'administration.

Toutefois les dépenses de premier établissement et d'entretien, qu'avaient occasionnées les machines pneumatiques connues, ne permettaient pas d'en conseiller l'emploi sans de pressants motifs.

Dans la plupart des exploitations déjà anciennes, l'étendue des travaux et la faible section des puits obligent à employer une force motrice considérable, pour produire une ventilation convenable. La recherche des moyens les plus propres à atteindre ce but a été, dans ces derniers temps, l'objet de plusieurs écrits, parmi lesquels on doit signaler, et par son importance et par son étendue, le *Traité de l'aérage*, de

M. Combes, rédigé par les ordres de l'administration française et inséré dans les tomes XV et XVII de la 3e série des *Annales des mines*.

En appelant l'analyse mathématique à la solution des divers problèmes que soulève la matière, en ouvrant le champ à la discussion par la manière dont plusieurs d'entre eux sont posés, M. Combes a rendu un véritable service à l'art des mines; mais une confiance trop absolue dans les résultats du calcul, appliqué à des phénomènes aussi complexes que ceux que présentent les mouvements de l'air, et un examen trop rapide de certaines questions, l'ont conduit, sur quelques points, à des solutions erronées.

Nulle part les assertions de cet ingénieur n'ont eu autant d'influence qu'en Belgique, et la condamnation absolue « du » système des machines à piston, comme radicalement vi» cieux pour le genre d'effet que doivent produire les appa» reils destinés à l'aérage, » qu'il avait formulée § 33 de son traité, a donné naissance à un grand nombre de machines fondées sur d'autres principes.

3. Depuis la publication de ce traité, une seule machine à soupapes s'est établie en Belgique : c'est celle à cloches plongeantes, de la houillère de Marihaye, à Seraing, construite d'après les idées émises par M. Devaux dans son cours d'exploitation.

Les études et les expériences que j'ai faites sur cette machine et sur celle de l'Espérance, la comparaison des effets que j'ai observés et de ceux qui ont été fournis par des machines de systèmes différents, m'ayant conduit à des résultats entièrement opposés aux conclusions du savant professeur de l'école des mines de Paris, je pense que la publication de ces résultats ne sera pas sans intérêt pour les personnes qui s'occupent de ces matières, et pour les exploitants qui sont dans la nécessité d'employer des moteurs à l'aérage des mines.

Je ferai voir que l'on peut facilement faire disparaître les défectuosités qui se rencontrent dans les machines à soupapes

actuellement en activité, et qui ont motivé l'opinion défavorable que l'on a conçue de leur emploi.

Je démontrerai que, dans les conditions ordinaires où l'on doit recourir à l'emploi des machines pour la ventilation, c'est-à-dire, lorsqu'il s'agit de déplacer de grands volumes d'air, sous des dépressions marquées par des colonnes d'eau qui dépassent 15 à 20 millimètres :

Les machines à soupapes, bien construites, ont une supériorité incontestable sur les ventilateurs ;

Que, parmi les divers systèmes de machines à soupapes, le système à cloches plongeantes est le plus avantageux;

Enfin j'exposerai les considérations qui me font penser que, lorsqu'il faut extraire de l'air sous de faibles dépressions, l'on pourrait employer avec succès une forme de ventilateur différente de celles qui sont actuellement en usage.

4. Pour apprécier avec exactitude la nature et l'importance relative des résistances nuisibles qui se rencontrent dans les machines à soupapes, j'ai soumis celles-ci à des expériences variées, propres à déterminer l'influence des divers organes qui les composent, sur l'effet réalisé.

Le concours qu'a bien voulu me prêter, pour toutes ces expériences, M. Geoffroy, élève-ingénieur des mines, et l'obligeance avec laquelle MM. Behr, directeur-gérant de la société de l'Espérance, et Plumat, directeur de la mine de Marihaye, ont fait mettre à ma disposition les machines de ces établissements, m'ont permis d'apporter dans mes opérations toute l'exactitude nécessaire.

5. *Manomètre adopté pour les expériences.* — Au premier abord, il se présentait une difficulté sérieuse, qui rend fort incertaine les expériences faites antérieurement sur les machines d'aérage à mouvement alternatif : c'est la détermination de la hauteur moyenne, mesurant la différence de la force élastique de l'air extérieur et de l'air qui, après avoir circulé dans la mine, arrive à la machine, soit avant qu'il y pénètre, soit dans la machine même. On remarque, en effet,

que cette hauteur varie continuellement : sous les pistons, il y a alternativement compression et dépression par intervalles réguliers, et l'on peut, avec un manomètre ordinaire, mesurer assez approximativement chacun de ces deux effets; mais la difficulté devient beaucoup plus grande, lorsqu'il faut connaître le degré moyen de dilatation dans les conduits qui amènent l'air à la machine. Alors, pour chaque course complète du piston, il y a ordinairement deux dépressions et deux compressions : ces dernières ont lieu au moment où le piston change de mouvement, immédiatement après la fermeture des clapets, et elles ne durent que quelques instants.

Ces changements brusques dans la force élastique de l'air occasionnent, dans la colonne liquide, une agitation continuelle et des surélévations dues à la force vive qu'impriment au liquide les variations rapides de pressions et la descente des colonnes soulevées.

M. Devaux ayant fait l'observation que l'amplitude des oscillations diminuait rapidement avec le diamètre du tube manométrique, nous eûmes l'idée de produire dans ce tube un rétrécissement artificiel, variable selon les circonstances, en introduisant, dans l'une des branches, un bouchon qui laissât au liquide une ouverture suffisante pour atteindre en peu de temps son niveau.

De cette manière, j'ai pu observer, avec beaucoup plus d'exactitude qu'à l'aide des manomètres ordinaires, les dépressions moyennes produites par la machine dans les galeries d'appel. Les oscillations sont alors peu étendues, et les compressions instantanées qui se manifestent immédiatement après la fermeture des clapets, ne sont pas assez prolongées pour produire une ascension du liquide en sens inverse. Leur effet se borne à provoquer, dans la colonne, un abaissement de niveau qui mesure leur influence dans la détermination de la hauteur moyenne.

Nous avions cru d'abord pouvoir arriver au même résultat à l'aide d'un robinet destiné à intercepter en partie la com-

munication du manomètre avec l'air dont on voulait mesurer la tension; mais ce moyen était inexact, parce que le choc qui a lieu après la fermeture des clapets, comprimait l'air contenu entre le robinet et l'eau du manomètre, de manière à rendre la dépression indiquée plus faible que la dépression réelle.

Lorsqu'on détermine la force élastique de l'air sous le piston avec un manomètre à étranglement, il faut avoir soin, si les excursions de la colonne liquide sont grandes, d'observer isolément l'un des effets de la marche du piston, la dépression ou la compression, en fermant le manomètre à l'aide du doigt pendant que l'autre effet se produit; autrement, il pourrait arriver que la résistance au mouvement de l'eau fût trop grande pour lui permettre de parcourir l'étendue nécessaire dans l'intervalle des oscillations de la machine, et que, par suite, les indications du manomètre fussent trop faibles, puisque le liquide devrait redescendre avant qu'il eût atteint la hauteur *maximum*.

L'emploi d'un manomètre étranglé, dans cette circonstance, permet d'observer la hauteur moyenne avec plus de facilité, parce que les petites oscillations sont insensibles.

6. *Calcul de l'effet des machines.* — La méthode généralement employée pour calculer l'effet utile des machines d'aérage, consiste à déterminer, tant bien que mal, la dépression produite dans les galeries d'appel et le volume d'air aspiré; puis à comparer l'effet ainsi obtenu à la force de la machine, estimée, d'après la tension de la vapeur dans la chaudière, avec toute l'incertitude que comporte l'emploi de coefficients de réduction. Cette méthode, qui rend l'appareil solidaire de l'habileté du mécanicien, n'est susceptible d'aucune précision et ne peut conduire à des résultats comparatifs dignes de confiance. Pour bien juger d'un appareil de ventilation, il faut déterminer la force qui lui est directement appliquée, indépendamment du système de la machine; ensuite voir quelle portion de cette force se trouve utilisée, en recherchant la nature des diverses résistances auxquelles donne iné-

vitablement lieu le mouvement de l'air dans l'appareil employé: des considérations mécaniques peuvent alors permettre de comparer les avantages et les inconvénients des divers moyens qui servent à transmettre l'action du moteur.

Dans le système des machines à cloches, on peut calculer avec une approximation très-grande la force directement appliquée. On observe la dépression moyenne sous l'une des cloches, la compression simultanée qui a lieu sous l'autre, et la somme de ces deux résistances représente l'effort total employé pour mouvoir les cloches.

En le comparant à la hauteur motrice nécessaire pour faire circuler l'air dans la mine, on a le rapport de l'effet utile à la force appliquée, si aucune perte d'air n'a lieu par le jeu de l'appareil.

Le volume d'air aspiré étant toujours moindre que le volume théorique, il faut multiplier le chiffre ainsi obtenu par un coefficient de réduction, variable suivant les circonstances, mais, en général, supérieur à 0,9 pour les machines bien construites, ainsi que nous l'établirons par la suite.

Dans les machines à piston, il faut ajouter à la hauteur qui représente l'effort nécessaire pour produire le mouvement de l'air, une pression équivalente au frottement des pistons.

7. *Jaugeage des courants d'air.* — Les modes de jaugeage employés dans les mines sont au nombre de trois.

1° L'emploi de la fumée développée par un corps très-combustible, comme la poudre. Ce moyen donne des résultats très-satisfaisants, dans les galeries muraillées d'une section uniforme; mais, dans la plupart des cas, il présente la difficulté de déterminer la section moyenne d'une galerie irrégulière d'une certaine longueur.

La vitesse moyenne observée n'est aussi qu'approximative, parce que généralement l'air se meut suivant l'axe de la conduite, plus rapidement que le long des parois. Mais le plus grand inconvénient que présente ce moyen, c'est que, dans les mines à grisou, il ne peut être employé pour jauger les courants d'air qui ont déjà circulé dans les travaux.

2° L'anémomètre de M. Combes. Cet instrument offre l'avantage de n'exiger qu'un espace limité pour l'expérience, et ses indications sont d'une exactitude suffisante, lorsque la vitesse de l'air est régulière. Toutefois la vitesse moyenne donnée par l'observation n'est aussi qu'approximative, parce que les vitesses, dans les divers points d'une section, sont très-variables, et ne sont soumises à aucune loi déterminée. L'instrument est en outre exposé, dans les mines, à des causes fréquentes de déformation qui le mettent hors d'usage, et, lorsque la vitesse de l'air est très-variable, les résultats qu'il fournit sont tout à fait inexacts.

J'avais voulu déterminer les pertes d'air qui ont lieu dans la machine de l'Espérance, en plaçant l'anémomètre dans la galerie qui établit la communication des puits d'aérage avec les cuves; deux expériences concordantes, faites dans diverses sections, m'ont donné $10^{m.c}88$ pour le volume aspiré, tandis que le volume théorique n'était que de $8^{m.c}73$. Cette différence doit être attribuée à ce que, dans les intervalles des coups de piston, la vitesse de l'air est nulle, tandis que l'anémomètre continue à tourner très-rapidement, et donne ainsi des indications trop élevées.

3° Le troisième moyen consiste à déterminer la vitesse de l'air, dans une section rétrécie, par la différence des pressions qui ont lieu de chaque côté de la section. Ce procédé, d'une exécution facile, est susceptible d'une très-grande précision, par l'emploi du manomètre multiplicateur, inventé par M. Devaux, et à l'aide duquel on peut observer des hauteurs motrices représentées par de petites fractions de millimètres d'eau. Mais, plus encore que le précédent, ce moyen exige que, pendant la durée de l'observation, la vitesse ne varie que dans des limites très-restreintes.

8. On voit qu'aucun de ces procédés ne permet de déterminer avec précision le volume d'air aspiré par les machines à mouvement alternatif, immédiatement avant son entrée dans les cuves.

Si l'on consulte les diverses expériences faites sur ces machines, on trouvera que les pertes sont quelquefois inférieures et, plus souvent, supérieures au dixième du volume théorique.

Mais, si l'on remarque que le jaugeage s'effectue à l'entrée de l'air dans les travaux, et que le volume indiqué doit être augmenté des dégagements de gaz dans la mine, des fuites d'air qui ont lieu par les tampons des puits et par les communications qui existent entre le bure d'aérage et celui d'extraction, de l'influence de la température de l'air sortant, qui est souvent supérieure à celle de l'observation, on admettra que ces expériences ne sont nullement concluantes.

L'examen des diverses causes de perte prouvera d'ailleurs que le chiffre de 0,1 doit être rarement atteint.

MACHINE A PISTON DE L'ESPÉRANCE, A SERAING.

9. Cette machine (Pl. VIII) se compose de deux pistons se mouvant dans deux cuves cylindriques en bois, de 3^m54 de diamètre. Les pistons sont attachés aux extrémités d'un balancier qui reçoit le mouvement d'une machine à vapeur, placée au-dessus de l'une des cuves. Les pistons et les fonds des cuves sont percés chacun de 20 ouvertures; la course varie, suivant la vitesse de la machine, entre 1^m90 et 1^m60.

Les travaux sont établis à 447^m et à 500^m de profondeur.

10. Le 11 février 1843, la machine donnant 51 coups en 4′, un manomètre ordinaire a été placé successivement sur les tampons qui bouchent les deux puits d'aérage.

Pendant une course double du piston, il indiquait deux dépressions et deux compressions; mais, ainsi que cela se remarque dans presque toutes les machines à mouvement alternatif, l'une des dépressions était plus prononcée que l'autre, ce que j'attribue à la différence de vitesse des pistons.

Sur le tampon du puits de l'ouest, la dépression atteignait

en très-peu de temps 0^m08, diminuait jusqu'à 0^m05, où elle restait un instant stationnaire, pour être suivie d'une compression très-rapide de 0^m0675; à celle-ci succédait bientôt une dépression de 0^m05, qui se réduisait à 0^m04, pour s'élever et se maintenir un instant vers 0^m045, et être remplacée par une compression de 0^m0575.

Sur le tampon du puits de l'est, l'aspiration était indiquée par une colonne qui s'élevait à 0^m08, descendait à 0^m05, était suivie d'une compression instantanée de 0^m08, à laquelle succédait une aspiration de 0^m06, descendant régulièrement à 0^m03, et suivie d'une nouvelle compression de 0^m075.

D'après ces données, j'estime que, pendant l'ascension de l'un des pistons, la dépression moyenne était de 0^m055, et, pendant l'ascension de l'autre piston, de 0^m045 : soit 0^m05 pour la moyenne générale.

11. Ces expériences ont été reprises, le 12 mai 1843, avec un manomètre d'un diamètre très-large.

La machine donnait 14,5 coups par 1'.

Sur le 1er *tampon*, la dépression atteint en peu de temps 0^m094, diminue jusqu'à 0^m084, où il y a oscillation, suivie d'une compression instantanée de 0^m06 ; la colonne liquide indique ensuite une dépression de 0^m066, où elle reste stationnaire, puis est refoulée de 0^m065.

Sur le second tampon, le liquide atteint 0^m11, redescend à 0^m068, remonte à 0^m097 en oscillant entre les deux termes, indique ensuite une compression de 0^m064, suivie d'une nouvelle aspiration de 0^m076, oscille vers 0^m068 et est encore refoulé de 0^m060.

Les compressions étant toujours de peu de durée, si l'on prenait, pour mesure de la dépression, les hauteurs où le liquide paraît stationner, celle-ci serait représentée par des colonnes de 0^m0805 pour l'un des pistons, et de 0^m067 pour le second, ou, en moyenne, par une colonne d'eau de 0^m0737.

Le manomètre, appliqué à l'une des cuves, a donné les indications suivantes, pour une vitesse de 14 coups par minute:

Pendant l'ascension du piston, la colonne d'eau s'élève très-rapidement à 0^m157, redescend à 0^m13, remonte à 0^m17 et oscille autour de 0^m13 pendant la plus grande partie de la course du piston : soit en moyenne, 0^m14 ;

Pendant la descente, la compression, qui est d'abord de 0^m10, oscille ensuite autour de 0^m062, que je considérerai comme moyenne.

Il résulterait de ces données que, sans tenir compte des frottements, la force appliquée serait représentée par une colonne de 0^m202 d'eau ; l'effet utile, par une colonne de 0^m0737.

Soit, pour le rapport de ces deux quantités, $\frac{737}{2020}=0{,}365$, et, dixième déduit, 0,3285.

Ces expériences font voir combien est incertaine, par le moyen des manomètres ordinaires, la détermination du degré moyen de vide qui s'opère dans les galeries d'appel.

La suite nous prouvera que les données fournies par le manomètre appliqué à la cuve, sont aussi trop élevées, ce qui tient aux agitations de la colonne liquide dans les tubes d'un grand diamètre.

Indépendamment de toute résistance passive, le mouvement de l'air exigerait, d'après ces données, une force de 23 chevaux, tandis que la force de la machine ne serait que de 21 chevaux environ (1).

12. Le 26 mai, j'ai répété ces expériences pour différentes vitesses de la machine, à l'aide de *manomètres à étranglement*, et j'ai obtenu les résultats suivants :

Sur le 2e tampon, pour une vitesse de 13,4 coups par minute, la dénivellation s'élevait à 0^m056, descendait presque régulièrement jusqu'à 0^m043, remontait à 0^m046, descendait de nouveau régulièrement à 0^m037, pour remonter au point de départ ; soit pour l'aspiration moyenne, 0^m0455.

(1) Pression de la vapeur, 2 1/2 atmosphères ; diamètre du piston, 0^m38 ; vitesse, 0^m886 ; consommation du foyer, 120 kilog. par heure : ce qui donne une force théorique de 33,66 chevaux, ou une force pratique de $33{,}66\times 0{,}6=20{,}2$ chevaux.

Une seconde observation a donné, pour une vitesse de 13,5 coups, au lieu des chiffres précédents, respectivement 0m058, 0m046, 0m049 et 0m037 : soit en moyenne, 0m0475.

Sur le 1er tampon, pour la même vitesse, ces chiffres ont été respectivement de 0m056, 0m42, 0m049 et 0m035 : soit en moyenne, 0m0455.

L'ensemble de ces indications donne pour la dépression moyenne 0m046.

Sur le 2e tampon, le manomètre a donné les indications suivantes, pour une vitesse de la machine correspondante à 9,4 coups par 1', et à une course des pistons de 1m63 : la dénivellation s'élève à 0m018, redescend à 0m007, remonte à 0m0095, descend de nouveau à 0m0054 et remonte au point de départ. Soit 0m01 pour la mesure de la dépression moyenne.

Sur le 1er tampon, le manomètre donne la même dépression.

Le manomètre, appliqué successivement à chacune des deux cuves, a donné les résultats suivants :

CUVE.	NOMBRE DE COUPS.	COURSE.	ASPIRATION.	COMPRESSION.
		Mètres.	Mètres.	Mètres.
De l'est	14	1,90	0,1097	0,046
»	13 3/4	»	0,1084	0,046
De l'ouest. . . .	13 3/4	»	0,1044	0,045
»	9 1/2	1,63	0,077	0,042
De l'est.	11	1,70	0,088	0,0434
»	8 1/2	1,60	0,066	0,041

En comparant ces résultats, on trouve que, pour une vitesse correspondante à 13 1/2 coups, la dépression moyenne de

l'air, avant son entrée dans la machine, est mesurée par une colonne d'eau de 0^m046;

Que la dépression sous le piston est mesurée par une colonne d'eau dont la hauteur moyenne est de 0^m1064;

La compression, pendant la descente du piston, par une colonne de 0^m0455.

En faisant abstraction des pertes d'air et des résistances passives, on aurait, pour le rapport de l'effet utile à l'effort total nécessaire pour déterminer le mouvement de l'air,

$$\frac{455}{1510} = 0{,}30.$$

Ce rapport est encore bien moindre, lorsque la vitesse de la machine diminue. Il est seulement de

$$\frac{10}{119} = 0{,}084,$$

lorsque la machine ne donne que $9\frac{1}{2}$ coups.

13. Quoiqu'il fût facile de déduire de ces données les causes de cet énorme déchet, j'ai voulu déterminer leur influence avec la plus grande précision, et, le 16 juillet, dans une nouvelle série d'expériences, j'ai fait marcher la machine :

1° Avec sa charge habituelle, lorsqu'elle aspire l'air de la mine;

2° En donnant à l'air extérieur un libre accès sous les cuves, de manière à pouvoir apprécier avec exactitude la résistance de l'air au passage dans les clapets;

3° En ouvrant les clapets, pour déterminer l'influence du frottement des pièces de l'appareil.

1re *expérience*. La pression de la vapeur, au manomètre de la chaudière, était de $2\frac{5}{4}$ atmosphères (2^m06 de mercure); la machine donnait 13 coups par minute, et la course était de 1^m86.

Un manomètre à faible étranglement, placé sur la cuve de l'ouest, a fourni les indications suivantes :

Pendant l'ascension du piston, la dénivellation atteint 0^m11, descend à 0^m096, remonte et oscille vers 0^m1084, pour s'élever à la fin de la course à 0^m123 : soit en moyenne, 0^m1084;

Pendant la descente du piston, la compression est mesurée par une colonne d'eau, croissant régulièrement depuis 0^m039 jusqu'à 0^m0474 : soit en moyenne, 0^m0433.

2e *expérience*. En ouvrant les portes et tampons des puits d'aérage, de manière à laisser arriver directement l'air extérieur sous les cuves :

Pression de la vapeur, 1^m45 de mercure; nombre de coups doubles, 11; course, 1^m68.

Pendant l'ascension du piston, la dénivellation s'élève à 0^m0745, descend à 0^m0542, et oscille vers 0^m063, que l'on peut considérer comme moyenne.

La compression est mesurée par une hauteur moyenne de 0^m041.

Ainsi la force nécessaire pour introduire l'air à travers les clapets du fond des cuves, est représentée par une colonne d'eau de 0^m063, pour une vitesse de 11 coups. Nous verrons bientôt qu'elle ne varie pas pour une vitesse supérieure.

Nous aurons donc, pour la dépression utile correspondante à une vitesse de 13 coups, $0^m1084 - 0^m063 = 0^m0454$, et, pour le rapport de cette dépression à la force appliquée,

$$\frac{454}{1084+433} = 0{,}30.$$

3e *expérience*. En ouvrant un grand clapet du piston :

Pression de la vapeur, 1^m17; nombre de coups, 10; aspiration, 0^m061; compression, 0^m039.

En ouvrant deux grands clapets :

Pression de la vapeur, 1^m11; nombre de coups, 11; aspiration et compression, 0^m034.

En ouvrant cinq grands clapets, pour la même vitesse, l'aspiration et la compression sont de 0^m006.

Enfin, en ouvrant tous les clapets, de manière que l'air n'oppose plus aucun obstacle au mouvement de la machine, celle-ci donne 9 coups sous une pression de vapeur de 0^m58 de mercure, et s'arrête lorsque cette pression est descendue à 0^m52. Ce résultat établit que la résistance due au frottement des pistons dans les cuves ne doit être qu'une fraction assez faible de la force appliquée ; mais cette résistance doit augmenter lorsque la machine est chargée, parce que la pression inégale qui existe à la circonférence du bourrage et l'effort que supporte le piston lui-même, donnent lieu à des trépidations qui se communiquent des pistons aux cuves et doivent entraîner des pertes de force assez notables.

14. *Frottement des pistons dans les cuves.* — D'après l'expérience précédente, une pression de 0^m58 de mercure suffit pour vaincre le frottement des différentes pièces de la machine. Cette pression équivaut à une hauteur d'eau de 0^m0909 sur le piston de l'une des cuves. Or, une pression de $\frac{1}{2}$ atmosphère, soit les deux tiers de 0,58, doit suffire pour mouvoir la machine seule ; resterait donc, 0^m0303 pour la hauteur correspondante au frottement des pistons dans les cuves.

En calculant ce frottement par la méthode ordinaire, on arrive aux résultats suivants :

La circonférence du piston est de 11^m1156, la hauteur du contact de bourrage avec la cuve est au moins de 0^m11, soit pour la surface de contact, $1^{m^2}223$.

Les surfaces étant constamment enduites de savon dissous dans l'eau, nous admettons 0,15 pour le coefficient du frottement.

Mais il est une quantité indéterminée et essentiellement variable, c'est la pression du bourrage contre la cuve.

Eu égard à l'inégalité de son action, et pour éviter les fuites, la pression moyenne doit être au moins cinq fois la dépression *maximum* qui a lieu sous le piston, soit 0^m645 d'eau.

La pression totale sur une surface de $1^{m^2}223$ serait de

752,14 kil., qui, multipliée par 0,15, donnerait un effort de 112,82 kil. pour chaque piston, soit pour les deux 225,64 kil. Cet effort, réparti sur la surface de l'un des pistons ($9^{m.q}84$), équivaudrait à une colonne d'eau de $0^{m}025$, ou, pour une vitesse de 14 coups, à un travail de 2,66 chevaux.

L'effet utile, tel que nous l'avons déterminé précédemment, devra donc être encore diminué, en tenant compte de cette résistance. La force nécessaire pour mouvoir l'air étant proportionnelle à 1517, l'effort total sera proportionnel à 1747; l'effet utile, à 454 multiplié par le coefficient 0,9. Soit pour le rapport,

$$\frac{454}{1747}\,0{,}9 = 0{,}26 \times 0{,}9 = 0{,}234.$$

Si l'on adoptait, pour représenter le frottement des pistons, une hauteur de $0^{m}0303$ d'eau, trouvée par l'expérience et correspondante à une pression de $6\frac{1}{2}$ fois la dépression *maximum*, le rapport précédent serait égal à $\frac{454}{1820}\,0{,}9 = 0{,}2245$.

15. *Influence des clapets sur la vitesse absolue de l'air sortant.* — Un fait important qu'établissent les expériences précédentes, c'est le peu de variation qu'éprouve la pression nécessaire pour faire passer l'air à travers les ouvertures des clapets, lorsqu'on imprime à la machine des vitesses fort différentes. Cela tient à un phénomène particulier, dont l'étude permettra de faire disparaître le vice principal que présentent toutes les machines à soupapes, et qui a fait considérer leur emploi comme peu rationnel. Si on supprimait entièrement les clapets, de manière à mettre à découvert toute la surface des ouvertures des pistons, il est évident que la pression nécessaire pour expulser l'air serait en rapport direct avec la vitesse de la machine. Si, au contraire, la section des ouvertures est beaucoup plus grande que celle qui reste libre lorsque les clapets sont soulevés, la vitesse de l'air sortant, et par conséquent la hauteur motrice perdue, dépend uniquement du poids des clapets, ou de la résistance qu'ils opposent

aux forces qui tendent à les soulever, et nullement de la vitesse de la machine. L'effet est semblable à ce qui a lieu lorsqu'un fluide s'échappe d'une capacité formée de parois mobiles, maintenues par une force constante ; les parois s'écartent ou se rapprochent, de manière à laisser entre elles un orifice suffisant pour que la pression génératrice du mouvement du fluide que cet orifice doit débiter, soit égale à la force qui les retient : la vitesse de sortie est par conséquent invariable.

Si les clapets étaient parfaitement équilibrés, le choc de l'air sortant par les ouvertures du piston aurait pour effet de les maintenir ouverts, dans une position verticale. Hors de là, ils s'inclineront d'autant plus sur la direction du courant qu'ils opposeront une résistance plus grande aux forces qui tendent à les soulever. On peut d'ailleurs, lorsque les clapets sont largement ouverts, considérer l'orifice de sortie comme formé de deux parties distinctes : les ouvertures du piston et les issues que les clapets laissent à leur pourtour pour le dégagement de l'air. La suite nous apprendra que, dans les circonstances ordinaires de la pratique, la vitesse acquise au passage, dans la première partie, n'absorbe qu'une hauteur motrice fort peu considérable, et qu'elle produit par choc, contre les clapets, une pression qui doit différer très-peu de cette hauteur motrice. Si cette pression est insuffisante pour vaincre la résistance des clapets, ceux-ci s'abaissent de manière que l'air reçoive, dans la seconde partie de l'orifice, un excès de vitesse, tel que la hauteur motrice nécessaire pour le produire soit égale à celle qui mesurerait l'excès de résistance des clapets.

Ainsi, lorsque le poids du clapet rétrécit la seconde partie de l'orifice et la rend inférieure à la première, la vitesse perdue dépend directement de ce poids, et, pour une résistance constante du clapet, elle ne peut varier que dans d'étroites limites, quelle que soit la vitesse de la machine.

16. Le 30 décembre 1843, j'ai entrepris de nouvelles expériences, dans le but de mettre hors de doute cette manière

de voir, et de déterminer en même temps le coefficient de contraction qu'il convient d'adopter pour le genre d'orifices auxquels donne naissance le soulèvement des clapets. Alors j'ai pu calculer à quelle limite on peut réduire l'énorme perte de force motrice que présente la disposition actuelle.

La pression atmosphérique étant de 0^m762, et la température de l'air sortant de 16°5, un manomètre appliqué à la cuve de l'ouest a donné les indications suivantes :

Nombre de coups par min.	13,7	12	10,6
Course du piston.	1^m88	1^m73	1^m68
Aspiration moyenne . . .	0,095	0,0813	0,0745
Compression.	0,0433	0,0433	0,042

Pour déterminer le coefficient de contraction, j'ai tenu les clapets ouverts, à l'aide de petits bâtons de longueur connue, et j'ai observé la pression nécessaire pour expulser l'air.

Le nombre de coups doubles par minute étant de 14,63, la course de 1^m82, et l'extrémité des grands clapets étant soulevée de 0^m1, l'aspiration était de 0^m027 et la compression de 0,0244, lorsque les dix clapets étaient ouverts; pour neuf clapets, les données correspondantes étaient de 0^m031 et de 0^m0298; enfin pour sept clapets, la compression dépassait 0^m0433, et les autres se soulevaient.

L'extrémité des grands clapets étant écartée de 0^m20, j'ai obtenu :

NOMBRE de COUPS.	COURSE.	NOMBRE de CLAPETS SOULEVÉS.	ASPIRATION.	COMPRESSION.
	Mètres.		Mètres.	Mètres.
14,63	1,82	5	0,0298	0,027
13,33	1,80	4	0,036	0,0352

Les autres clapets se soulevaient lorsque trois seulement étaient entr'ouverts.

A l'aide d'un peson à ressort, j'ai constaté que l'effort moyen pour soulever les clapets des pistons, par l'extrémité opposée à la base, était approximativement : pour les grands, de 5 kil.; pour les petits, de 2,5 kil.

Les clapets, ainsi que les ouvertures qu'ils recouvrent, sont des trapèzes réguliers, dont les dimensions sont respectivement :

DÉSIGNATION.	BASES.		CÔTÉS.	HAUT^{r}.	SURFACE.
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres carrés.
Grands clapets. .	0,813	0,575		0,400	0,2776
Ouvertures. . . .	0,770	0,550	0,39	0,370	0,2400
Petits clapets. . .	0,474	0,26		0,365	0,1510
Ouvertures . . .	0,435	0,21	0,34	0,322	0,1030

L'effort nécessaire pour tenir les clapets ouverts correspondrait, d'après les données précédentes, à une pression uniforme de 0^{m}038 d'eau, pour les grands, et de 0^{m}039 pour les petits; mais, avant qu'ils soient soulevés, la pression de l'air ne s'exerçant que sur une partie de leur surface égale à la section des ouvertures, devrait être équivalente à celle d'une colonne d'eau de 0^{m}044 pour les grands, et de 0^{m}050 pour les petits.

L'expérience donne pour la pression moyenne nécessaire pour soulever les clapets des pistons, 0^{m}0433, et pour celle qui doit être appliquée aux clapets du fond des cuves, 0^{m}063: soit, pour la hauteur totale absorbée par la résistance qu'éprouve l'air au passage des soupapes, 0^{m}1063, représentant une vitesse perdue de plus de 41^{m}. La dépression utile est

mesurée par une colonne de 0^m454, inférieure à la moitié de la hauteur perdue.

Ce qui prouve, d'ailleurs, que cet énorme déchet est dû à la mauvaise construction de certaines pièces de la machine, c'est que, en soulevant les grands clapets du piston de 0^m1 seulement, la hauteur motrice nécessaire pour l'expulsion de l'air se trouve réduite de 0^m0433 à 0^m0244.

17. *Coefficient de contraction pour les ouvertures des clapets.* — Les résultats des quatre dernières expériences nous permettent de calculer le coefficient de contraction qu'il convient d'adopter.

La densité de l'air débité par les ouvertures différait peu de celle de l'air extérieur qui était alternativement aspiré et expulsé par ces ouvertures : soit $\frac{1}{800}$ cette densité, rapportée à celle de l'eau.

NUMÉRO des EXPÉRIENCES.	SECTION TOTALE des OUVERTURES.	VITESSE SANS CONTRACTION.	VITESSE DUE A LA HAUTEUR OBSERVÉE.	COEFFICIENT.
	Mètres carrés.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
1	0,8800	9,93	18,18	0,546
2	0,7940	11,05	21,26	0,52
3	0,6174	12,75	22,33	0,57
4	0,7717	11,34	20,20	0,567
Moyenne.				0,55

Les expériences indiquent que le coefficient serait de 0,553 pour 0^m1 d'écartement des clapets, et de 0,568 pour un écartement de 0^m20.

Le coefficient obtenu étant très-faible, pour déterminer s'il était dû à la forme des ouvertures, j'ai comparé ces résultats à ceux que fournit un orifice en mince paroi.

Dans deux expériences du § 13, j'ai observé que, pour un volume théorique de 6^{m3} 17, la dépression et la compression sont de 0^m34 d'eau, lorsque l'on ouvre complétement deux grands clapets, et de 0^m06, lorsque cinq sont ouverts.

Les vitesses dues à ces hauteurs seraient respectivement de 22^m66 et de 9^m48; les vitesses sans contraction, de 12^m85 et de 5^m14; ce qui donne pour coefficients 0,567 et 0,54, ou en moyenne 0,553.

Dans ce cas le coefficient devrait être au moins égal à 0,65. J'attribue la différence donnée par l'observation à ce que la vitesse du piston, calculée d'après le nombre de levées, est trop faible, à cause du petit arrêt qui a lieu à chaque changement de mouvement.

Il résulte de ces diverses données, que l'on ne doit pas prendre un coefficient de contraction supérieur à 0,55, lorsqu'on détermine la vitesse moyenne du piston d'après le nombre de coups par minute.

18. *Limite de la vitesse de l'air sortant.* — Le *minimum* de cette vitesse correspondrait à un soulèvement des clapets tel que la section qui donne issue à l'air serait égale à la surface des ouvertures percées dans le piston.

Cette surface est de $2^{m2}40$ pour les grands clapets, et de $1^{m2}03$ pour les petits : total, $3^{m2}43$. Le volume théorique engendré par la machine, pour une vitesse de 14 coups par minute et une course de 1^m90, est de $8^{m3}725$, ce qui donnerait pour la vitesse perdue *minimum*, 4^m62 (1), en prenant pour coefficient de contraction 0,55. Cette vitesse correspond à une hauteur d'eau de 0^m00136.

Dans la disposition actuelle des clapets, on ne pourrait obtenir une section aussi considérable qu'en leur donnant un écartement de 0^m25 pour les petits, et de 0^m34 pour les grands (correspondant à un angle de 63°29'). Cette condi-

(1) La vitesse perdue serait en réalité un peu moindre, parce que le piston possède, en sens inverse du courant, une vitesse de 0^m886, qui réduirait la vitesse absolue de l'air sortant à 3^m734.

tion ne pourrait se réaliser dans la pratique; mais on peut, par une modification très-simple, obtenir le même résultat avec un écartement beaucoup moindre : il suffit d'attacher les clapets par la petite base, au lieu de les attacher par la grande base, comme cela a lieu dans presque toutes les machines.

Cette modification présenterait les avantages suivants :

1° La charnière moins longue opposerait moins de résistance au mouvement;

2° Le centre de gravité du clapet, ou le point d'application de la pression qui tend à le soulever, se trouvant plus éloigné de la charnière, pour une même résistance, la pression devrait être moindre;

3° Enfin, pour un même écartement du clapet, la section libre augmenterait dans un très-grand rapport, surtout la partie la plus efficace pour le dégagement de l'air, celle qui est opposée à la charnière.

Dans l'exemple qui nous occupe, cette partie croîtrait dans le rapport de 1,45 à 1 pour les grands clapets, et de 2,12 à 1 pour les petits. Pour un écartement de 0^m20, la section libre totale serait augmentée dans le rapport 1,3 à 1 pour les premiers, et de 1,5 à 1 pour les seconds.

Il suffirait alors, pour réaliser l'effet proposé, d'obtenir des écartements respectivement de 0^m22 et de 0^m16.

Il faut maintenant déterminer à quel point, dans cette supposition, les clapets doivent être équilibrés, en admettant que, pour un tel écartement, ils soient choqués par l'air qui s'échappe à travers les ouvertures du piston. On sait que, en appelant P le poids du mètre cube du fluide, V la vitesse dont il est animé, S la surface choquée, I l'angle qu'elle forme avec la direction du mouvement, on obtient, pour l'expression de la résistance éprouvée par un corps mince (1),

$$R = 0,1\,1\,PS^{1,1}V^2\,(\sin I)^{1,84\,\sin I}.$$

(1) Voir *Traité d'hydraulique*, par M. d'Aubuisson, 2e édition, §§ 549 et 550.

Si nous désignons par a l'angle que forment les clapets avec la surface du piston, cette expression devient :

$$R = 0{,}11 P S^{1{,}1} V^2 (\cos a)^{1{,}84 \sin a}$$

Le calcul (1) indique que cette résistance équivaut à un poids, appliqué au centre de gravité des clapets, de 0^k33 pour les grands, et de 0^k166 pour les petits. Par des contre-poids disposés convenablement, on peut certainement les équilibrer jusqu'à cette limite.

La pression génératrice de la vitesse de sortie, répartie uniformément sur la surface des clapets, produirait des efforts, respectivement de 0,38 et 0,17 kilogr., fort peu différents de ceux qui ont été trouvés par le calcul précédent. L'effet du courant augmenterait, d'ailleurs, à mesure que l'angle a diminuerait ; mais bientôt aussi l'air cesserait d'agir par choc, et la pression du fluide de la cuve se transmettrait directement aux clapets.

On pourrait rendre les ouvertures plus grandes encore, et procurer ainsi à l'air un dégagement plus facile ; mais les données qui précèdent font voir que l'on peut, à la rigueur, réduire la vitesse perdue au passage des clapets du piston, à 4^m62, vitesse inférieure à celle que le courant possède dans plusieurs parties des travaux. La même perte se répétant aux clapets des cuves (2), la hauteur totale perdue serait de

(1) D'après les données de la question, $P = 1{,}25$ et $V = 4^m62$. Pour les grands clapets, $S = 0{,}2776$; mais, comme ils sont rencontrés par la veine contractée, nous ne prendrons que la moitié de cette quantité ; les distances de la base de l'ouverture à la charnière et au clapet étant respectivement de 0^m38 et 0^m22, on a $0{,}38 \sin a = 0{,}22$ ou $\sin a = \frac{11}{19}$; $\cos a = \frac{154}{190}$; ($a = 35°23'$) : d'où $(\cos a)^{1{,}84 \sin a} = \left(\frac{154}{190}\right)^{1{,}06}$. D'où $R = 0{,}11 . 1{,}25 . \left(\frac{0{,}2776}{2}\right)^{1{,}1} (4{,}62)^2 \left(\frac{154}{190}\right)^{1{,}06}$ $= 0^k33$ très-approximativement.

Pour les petits clapets, on trouve : $\sin a = \frac{16}{34}$, soit $\frac{1}{2}$, et $\cos a = \sqrt{\frac{3}{4}}$, $S = \frac{0{,}131}{2}$, et $R = 0{,}11 . 1{,}25 . \left(\frac{0{,}131}{2}\right)^{1{,}1} (4{,}62)^2 . \left(\frac{3}{4}\right)^{0{,}16}$ soit 0,166 kilog.

(2) L'air qui arrive aux clapets des cuves possédant déjà une certaine vitesse, la hauteur motrice nécessaire, dans l'hypothèse posée, serait un peu inférieure à 0^m00136.

$0^m00136 \times 2 = 0^m00272$ d'eau, correspondant à une vitesse de 6^m51.

Admettons même que l'on puisse difficilement atteindre cette limite, et que la hauteur perdue soit le double de cette quantité, ou de 0^m0027 pour chaque passage; c'est supposer que les clapets opposent une résistance, appliquée à leur centre de gravité, égale au moins à 0^m66 pour les grands, et à 0^m33 pour les petits. La hauteur totale absorbée par les résistances des clapets serait alors de 0^m0054, correspondante à une vitesse perdue de 9^m21, et représentant un travail de $^5/_8$ de cheval-vapeur. Dans l'état actuel des choses, cette hauteur étant de 0^m1063, le travail perdu est de 12,37 chevaux.

Un trop grand écartement des clapets serait toutefois sujet à un inconvénient : c'est la lenteur avec laquelle ils se fermeraient, lors des changements de mouvement du piston. Dans les conditions que nous venons d'établir, cet inconvénient serait peu sensible, surtout si l'on a soin de n'équilibrer les clapets qu'un peu au delà du point nécessaire à l'effet qu'on veut obtenir. L'angle d'inclinaison des clapets sur les pistons étant peu ouvert (il serait inférieur à 24° pour les grands, et à 20° pour les petits), l'excès de poids qu'on peut leur laisser suffirait pour les ramener promptement sur leurs siéges.

Nous verrons bientôt que, réduite à 9^m21, la vitesse perdue, qui avait principalement motivé l'essai de ventilateurs pour remplacer les machines à soupapes, est incomparablement moindre que celle qui a lieu dans tous les systèmes qu'on a voulu leur substituer.

19. Nous savons que l'effet utile de la machine est proportionnel à une hauteur motrice de 0^m0454; si le passage de l'air dans les clapets n'exige plus que 0^m0054 de hauteur, on aura, pour le rapport de l'effet utile à l'effort employé, $\frac{454}{508} = 0{,}893$, en ne tenant compte ni du frottement du piston, ni des pertes d'air.

On admet ordinairement que l'effet de la première de ces

résistances est proportionnel à la différence *maximum* de la force élastique de l'air sur les deux faces du piston ; nous l'avons représenté par une colonne d'eau de 0^m0303 de hauteur, d'après l'effort nécessaire pour mouvoir la machine non chargée.

Dans les conditions précédentes, cette hauteur serait réduite de plus de moitié, ou tout au plus égale à 0^m015, et l'on aurait, pour le rapport de l'effet utile théorique à l'effort appliqué au piston, $\frac{454}{656}=0,69$.

20. *Pertes occasionnées par l'espace nuisible.*—Nous avons admis que les pertes dues à l'espace nuisible et aux fuites d'air, ne dépassaient pas le dixième du volume théorique, dans les circonstances ordinaires ; il nous reste à faire voir que ce chiffre ne doit pas même être atteint.

Ainsi que l'a prouvé M. Gonot, dans son rapport sur les appareils d'aérage, inséré dans le tome premier des *Annales des Travaux Publics*, les pertes produites par l'espace nuisible sont insignifiantes dans les machines pneumatiques.

En admettant même que le piston n'atteigne qu'à 0^m50 du fond de la cuve, le volume d'air contenu sous le piston sera de $4^{m^3}92$. La pression atmosphérique étant mesurée par une colonne d'eau de 10^m33, l'air pénètre dans la cuve sous une pression de $10^m33-0^m11=10^m22$, et il est expulsé sous une pression de $10^m33+0^m043=10^m373$.

La perte est mesurée par la dilatation qu'éprouve l'air de l'espace nuisible en passant de la pression de 10^m373 à celle de 10^m22; cette dilatation est égale à

$$4^{m^3}92\left(\frac{10,373}{10,22}-1\right)=0^{m^3}074.$$

Le volume engendré par le piston étant de $18^{m^3}696$, on voit que la perte est seulement de $\frac{74}{18696}=\frac{1}{252}=0,004$.

Cette perte est en réalité encore moindre, parce que, vers

la fin de la course, les différences de pression doivent être inférieures aux moyennes données par l'observation.

L'air, d'ailleurs, jouissant d'une élasticité parfaite, restitue à la machine, précisément à l'instant où le mouvement change, toute la force absorbée par les variations de densité qu'il a subies.

21. *Pertes d'air par les joints des clapets.*—Les fuites d'air par les joints des clapets occasionnent une perte d'effet beaucoup plus sensible.

Dans une expérience, M. Combes a trouvé, pour la machine de l'Espérance, $8^{m.c.}016$ au fond de la mine. Le volume engendré par l'excursion des pistons était, par seconde, de $8^{m.c.}725$(1); d'où l'on voit que la perte serait de $\frac{709}{8725} = 0{,}081$.

Dans cette perte, se trouve compris l'effet des diverses causes (§ 8) qui peuvent augmenter le volume du courant, dans le parcours des travaux, jusqu'à son arrivée à la machine.

Dans la supposition, d'ailleurs, où les clapets fermés laisseraient même une ouverture de $0^{m}001$, nous pouvons calculer que la perte due à cette cause atteindrait seulement de 0,06 à 0,07.

Pendant l'ascension du piston, le volume engendré se remplit d'air qui afflue, en partie à travers les ouvertures des clapets de la cuve, en partie par les passages que laissent, étant fermés, les clapets du piston.

Désignons par V le volume total; x et x' les quantités d'air; s et s' les sections par lesquelles il pénètre; h et h' les différences respectives de pression qui le font mouvoir; on aura :

$$x : x' = s\sqrt{h} : s'\sqrt{h'},$$

$$x' = \frac{x\, s'\sqrt{h'}}{s\sqrt{h}} ;$$

(1) M. Combes donne $9^{m.c.}024$; mais il a calculé ce volume dans la supposition que la course était de $2^{m}05$, tandis qu'elle n'est en réalité que de $1^{m}90$, au *maximum*.

mais $V = x + x'$; d'où

$$x' = \frac{(V - x')s'\sqrt{h'}}{s\sqrt{h}} = \frac{V s'\sqrt{h'}}{s\sqrt{h} + s'\sqrt{h'}} ;$$

ou, pour simplifier,

$$x' = \frac{V . s'\sqrt{h'}}{s\sqrt{h}} .$$

Pendant la descente du piston, l'air sera expulsé en partie à travers les ouvertures du piston, et rentrera en partie dans la galerie par les joints des clapets du fond. En prenant des notations analogues aux précédentes, nous aurons :

$$x'_1 = \frac{V s'_1\sqrt{h'_1}}{s_1\sqrt{h_1}} ,$$

et, pour l'expression de la perte totale,

$$x' + x'_1 = V\left\{ \frac{s'\sqrt{h'}}{s\sqrt{h}} + \frac{s'_1\sqrt{h'_1}}{s_1\sqrt{h_1}} \right\} ;$$

ou, pour le rapport de la perte au volume théorique,

$$\frac{x' + x'_1}{V} = \frac{s'\sqrt{h'}}{s\sqrt{h}} + \frac{s'_1\sqrt{h'_1}}{s_1\sqrt{h_1}} .$$

Si l'on remarque que $\sqrt{2gh}$ et $\sqrt{2gh_1}$ représentent les vitesses perdues par le passage de l'air à travers les clapets, et que ces vitesses sont en raison inverse des sections s et s_1 des ouvertures de dégagement, on en conclura que $s\sqrt{h} = s_1\sqrt{h_1}$, et que, pour une vitesse donnée de la machine, cette quantité est invariable, quelle que soit la résistance des clapets.

Dans la machine de l'Espérance, s' et s'_1, qui correspondent à un soulèvement de 0^m001, étant représentées par 1, $s\sqrt{h} = s_1\sqrt{h_1}$ sera très-approximativement égal à 9,40. En effet, pour un écartement de 0^m1, le calcul donne $\sqrt{h} = 0{,}094$; par conséquent, on aura :

$$\frac{s'}{s\sqrt{h}} = \frac{1}{100.0{,}094} = \frac{1}{9{,}40}.$$

L'expérience donne d'ailleurs $h' = 0{,}11$, $h'_1 = 0{,}0434 + 0{,}0433 = 0{,}0887$, $h = 0{,}063$ et $h_1 = 0{,}0433$; d'où

$$\frac{x' + x'_1}{V} = \frac{1}{9{,}40}\left(\sqrt{0{,}11} + \sqrt{0{,}0887}\right) = 0{,}066.$$

Dans la supposition où les résistances de l'air, au passage des clapets, seraient mesurées par une colonne de 0^m0027, on aurait : $h' = h'_1 = 0{,}0434 + 0{,}0027 = 0{,}0481$; $h_1 = h = 0{,}0027$; d'où

$$\frac{x' + x'_1}{V} = 2\frac{s'\sqrt{h'}}{s\sqrt{h}} = \frac{2}{9{,}40}\sqrt{0{,}0481} = 0{,}047.$$

On voit que, dans les conditions que nous avons supposées, conditions que la pratique peut certainement réaliser, la perte ne s'élèverait pas à $\frac{1}{20}$.

22. Le calcul précédent nous fournit quelques indications utiles.

Le terme $\frac{s'}{s}$ entrant comme facteur dans l'expression des pertes d'air, on voit que celles-ci seront en raison inverse de la quantité dont les clapets sont soulevés. Il en résulte que, entre certaines limites (§ 18), il est préférable de diminuer la vitesse absolue de l'air sortant, en donnant aux clapets un

grand écartement, plutôt que de grandes dimensions avec un faible écartement.

Ainsi, dans l'état où se trouve la machine de l'Espérance, il serait avantageux de boucher un certain nombre d'ouvertures; les autres clapets se soulèveraient davantage et la pression pour expulser l'air resterait la même, tandis que les joints, par lesquels l'air peut se perdre, seraient moins nombreux.

Le calcul précédent nous fait voir aussi que les pertes augmentent à peu près dans le rapport des racines carrées des différences de pression qui ont lieu sur les faces des clapets fermés. On réduit donc ces pertes, en diminuant la vitesse absolue de l'air au passage des soupapes.

Dans le dernier exemple, on a pour expression de la quantité perdue,

$$\frac{x'+x'_1}{V}=2\,\frac{s'\sqrt{h'}}{s\sqrt{h}},$$

dans laquelle h' se compose de la hauteur motrice utile 0^m0454, plus 0^m0027, pour la résistance de l'air dans les ouvertures. Cette dernière étant invariable, on voit que la perte est à peu près proportionnelle à la racine carrée de la dépression dans les galeries d'appel.

Remarquons toutefois que plus les différences de pression h' et h'_1 sont considérables, plus les clapets doivent tendre à se fermer exactement; mais, dans les machines d'aérage, cette cause doit être insuffisante pour compenser l'effet nuisible d'une plus grande pression.

23. *Effet utile des machines à piston.* — Si, dans les conditions où se trouve la machine de l'Espérance, nous admettons que la perte soit de 0,08, chiffre que donne l'expérience rapportée plus haut, nous serons certains de ne pas faire de supposition trop favorable. Les résultats du § 19 devront en conséquence être multipliés par 0,92, pour exprimer l'effet

utile pratique d'une machine construite d'après les principes que nous avons développés.

Cet effet, sans le frottement du piston, sera de 0,82, et, en ayant égard à ce frottement, de 0,635.

24. En résumant les résultats des recherches qui précèdent, on trouve que la force appliquée aux pistons de la machine de l'Espérance représente un travail de 21,177 chevaux :

Effet utile (23 p. %)	4,858
Pertes d'air	0,422
Résistance des clapets	12,370
Frottement des pistons	3,527
TOTAL	21,177

Une force théorique de 33,66 chevaux étant suffisante pour mouvoir l'appareil, la machine rendrait 0,63, ou les $^5/_8$ de cette force.

Une machine construite avec les modifications que j'ai exposées, exigerait, pour le même résultat, un travail de 7,67 chevaux :

Effet utile (63 p. %)	4,858
Pertes d'air	0,422
Résistance des clapets	0,630
Frottement des pistons	1,763
TOTAL	7,673

Ce qui supposerait une force théorique de $7,67 . \frac{8}{5} = 12,27$ chevaux, ou un peu plus du tiers de la force actuelle (1).

25. *Inconvénients que présentent les pistons.* — Une machine établie dans ces dernières conditions réaliserait un effet bien

(1) Le Hainaut possède plusieurs machines du même système que celle de l'Espérance, et toutes présentent les vices que nous avons signalés dans cet appareil. Dans quelques-unes, les clapets des pistons sont munis de contre-poids; mais ils sont disposés de telle manière que l'air ne trouve pour son dégagement qu'une issue insuffisante et possède toujours une vitesse absolue considérable. Dans aucune, les clapets des cuves ne sont équilibrés.

supérieur à celui que produisent tous les systèmes dont on a fait usage.

L'emploi des pistons présente néanmoins plusieurs inconvénients ;

1° Le frottement dans les cuves entraîne, d'après ce que nous venons de voir, une perte de travail qui doit être supérieure au tiers de l'effet utile ;

2° Les frais d'entretien, tant pour le savon que pour le renouvellement du bourrage, sont très-considérables : à l'Espérance, les cuves coûtent annuellement pour ces deux objets:

6 dos de cuirs pour boyaux, à	frs.	26	frs.	156,00
36 kilogr. de crins, à	»	3	»	108,00
36 kilogr. de tresse, à	»	1,40	»	50,40
83 tonneaux de savon noir, à	»	7,25	»	601,75
			Total, frs.	916,15;

3° Par l'inégalité de la pression du bourrage et de l'usure des cuves, il se produit des fuites d'air à la circonférence des pistons.

Ces divers inconvénients, les deux premiers surtout, sont les plus graves que présentent les machines de ce système.

La substitution des cloches plongeantes aux pistons les fait complétement disparaître.

MACHINE A CLOCHES ÉTABLIE A LA HOUILLÈRE DE MARIHAYE.

26. Cet appareil de ventilation (Pl. IX) consiste en deux cloches cylindriques en tôle, de 3^m66 de diamètre et 2^m60 de hauteur, se mouvant dans des cuves annullaires, formées de deux cylindres concentriques de 3^m51 et de 3^m81 de diamètre.

Chaque cylindre intérieur est fermé, à sa partie supérieure, par un diaphragme en tôle, percé, ainsi que le fond de chacune des cloches, de seize ouvertures recouvertes par des clapets. Les cloches sont séparées par un massif de maçon-

nerie, sur lequel se trouve établi horizontalement le cylindre à vapeur, et sont attachées aux extrémités de la tige du piston, à l'aide de chaînes anglaises passant sur des poulies de renvoi.

Deux puits d'aérage, situés aux côtés opposés de la machine, sont mis en communication par une galerie qui passe sous les cloches.

27. J'ai fait, sur cette machine, des expériences variées et analogues à celles dont j'ai exposé les résultats pour la machine de l'Espérance : je rapporterai les principales.

Le 16 mai 1843, la machine donnait dix coups doubles par minute, la course du piston était de 1^m95, et la pression de la vapeur de $2\frac{5}{8}$ atmosphères.

Un manomètre à étranglement, placé successivement sur les tampons qui bouchent les puits, a donné les résultats suivants :

Sur le tampon de l'est, pour une course double du piston, la dénivellation croissait régulièrement depuis 0^m0115 jusqu'à 0^m0528, diminuait ensuite plus lentement jusqu'à 0^m0284, puis très-brusquement, après la fermeture des clapets, jusqu'à 0^m0054, d'où elle s'élevait régulièrement à 0^m0481, pour diminuer jusqu'à 0^m0345, où elle stationnait quelques instants et tombait ensuite à 0^m0115, point de départ.

On a, en résumé, pour la mesure de la dénivellation moyenne :

	CLOCHE N° 1.	CLOCHE N° 2.	
	Mètres.	Mètres.	Mètres.
1re. Partie de l'ascension. .	$\frac{0,0115+0,0528}{2}=0,03215$	$\frac{0,0054+0,0481}{2}=0,02675$	
2e Partie de l'ascension. .	$\frac{0,0528+0,0284}{2}=0,0406$	$\frac{0,0481+0,0345}{2}=0,0413$	
Dénivellation moyenne. . .	0,03675	0,034025	0,03539

L'expérience donne, pour le tampon de l'ouest, une dénivellation de 0m0358: soit, pour la moyenne générale, 0m0356. Un manomètre plus étranglé a donné, pour une vitesse de 9 ½ coups, les indications suivantes sur le 1er tampon :

La dénivellation croît de 0m026 à 0m039, descend ensuite régulièrement à 0m34, et rapidement de ce point à 0m023, pour remonter à 0m0366, où elle reste stationnaire; puis, à la fin de la course, elle descend rapidement à 0m026, point de départ. La moyenne de ces indications, calculée comme précédemment, serait de 0m0345.

Le premier manomètre, appliqué sur le même tampon, indiquait, pour une vitesse de 4 ¾ coups par minute: dénivellation *maximum* 0m012, décroissant régulièrement jusqu'à 0m004; puis une dénivellation en sens inverse, de 0m003, suivie d'une aspiration marquée par une colonne de 0m011, décroissant jusqu'à 0m003, où il y a un point d'arrêt, suivi d'une compression de 0m003.

La dépression moyenne serait de 0m0066 environ.

Sur l'une des cloches, pour la même vitesse, l'aspiration moyenne était indiquée par une colonne de 0m011, la compression par une colonne de 0m004.

28. Le 26 novembre 1843, la machine donnait 11 coups par minute, la course était de 1m78, et la pression de la vapeur de 2 ½ atmosphères effectives: un manomètre à étranglement, placé sur l'un des tampons, indiquait une dénivellation croissant de 0m033 à 0m052, pour diminuer régulièrement jusqu'à 0m047, où se trouvait un point d'arrêt; de là, diminution rapide jusqu'à 0m032, suivie d'une ascension régulière jusqu'à 0m053, à laquelle succédait une descente à peu près uniforme jusqu'à 0m033, point de départ.

La moyenne de ces indications serait de 0m0443.

Un manomètre placé sur la cloche de l'ouest, indiquait une dénivellation qui s'élevait rapidement à 0m108, pour descendre régulièrement jusqu'à 0m054, où elle restait stationnaire pendant plus de la moitié de la course; soit en moyenne,

pour la première partie de la course, 0^m081, et, pour la deuxième partie, 0^m054, ou, pour le degré moyen de la dilatation, 0^m0675.

La compression moyenne était de 0^m0108.

Sur la seconde cloche, l'aspiration était la même, et la compression moyenne de 0^m0095.

On aurait ainsi, pour l'aspiration.	0^m0675
— — pour la compression. . . .	0^m01015
ou un effort total proportionnel à	0^m07765
L'effet utile théorique serait proportionnel à	0,0443

Soit, pour le rapport de ces deux quantités, $\frac{4450}{7765}=0{,}57$, et, en supposant même 0,1 de perte, 0,513.

En donnant à l'air extérieur un libre accès sous les cloches, par les tampons des puits, un manomètre placé sur la cloche de l'est a donné les indications suivantes :

10 coups en $58'' \frac{1}{2}$;	
Aspiration moyenne.	0^m023
Compression	0,0094

La pression de la vapeur correspondante était de $1\frac{3}{4}$ atmosphères effectives.

Dans une expérience, la machine seule, détachée des cloches, exigeait une pression de vapeur de 0,4 atmosphère, pour une vitesse de 10 coups par minute et une course de 1^m95.

En ajoutant à la dépression 0^m023, celle que nous avons trouvée dans la galerie, on a une dépression totale de 0^m0673, qui est à peu près égale à celle que nous avons déduite de l'expérience directe.

29. *Causes qui font varier la compression de l'air dans les galeries d'appel.* — On aura pu remarquer, par la marche des colonnes liquides, que la compression de l'air, à la suite de

la fermeture des clapets, est plus sensible à la mine de Marihaye qu'à celle de l'Espérance.

La principale cause, c'est que, à Marihaye, la machine se trouve posée presque directement sur les puits, qui ont moins de 2^{m2} de section, tandis que la section des puits de l'Espérance est de plus de 3^{m2}, et qu'ils se trouvent séparés de la machine par une galerie d'assez grandes dimensions, qui fait l'office de régulateur.

Lorsque les puits sont très-étroits, on voit qu'il serait avantageux, pour la régularité du mouvement de l'air, de disposer d'une capacité assez grande, à proximité des machines aspirantes. Selon les circonstances, on atteindrait ce but, soit par la construction d'une galerie de grande section, soit par le creusement d'un large puits de 30^{m} à 40^{m} de profondeur, dont le pied serait mis en communication avec le puits d'aérage.

On peut, du reste, par un calcul très-simple, trouver approximativement la capacité dont il faudrait disposer pour rendre la compression nulle.

En appelant C le volume de cette capacité, v la vitesse moyenne du piston, S sa surface, t le temps d'arrêt du piston exprimé en secondes, H la pression atmosphérique, h la dépression dans les galeries d'appel, le volume aspiré par seconde sera égal à Sv, et, pendant le temps t, il affluera de la mine dans la capacité C un volume Svt. Si l'air contenu dans cette capacité était ramené à la pression extérieure, son volume diminuerait de la quantité

$$C\left(1-\frac{H-h}{H}\right)=\frac{Ch}{H},$$

et si cette quantité était égale au volume introduit Svt, il n'y aurait plus de compression.

D'un autre côté, le temps d'arrêt t doit être sensiblement en raison inverse de la vitesse moyenne du piston; on aura

donc $t=\frac{k}{v}$, k étant une quantité constante à déterminer, et, par suite,

$$\frac{Ch}{H}=Sk.$$

D'après cette équation, on voit que la capacité doit être :

1° Proportionnelle à la surface du piston ;

2° En raison inverse de la dépression.

Cette dernière relation explique pourquoi, dans certaines machines où la dépression est considérable, le phénomène de la compression ne s'observe pas. La quantité dont la dilatation diminue pendant les interruptions du mouvement, est inférieure à la différence de pression qui existe entre l'air extérieur et l'air aspiré.

La surface des cloches de Marihaye étant plus grande que celle des pistons de l'Espérance (dans le rapport de 10,51 à 9,84), cette circonstance tend à rendre la compression plus grande à la première de ces mines. Cet effet doit encore être augmenté par le choc que produit, sur les tampons, l'air qui monte dans les puits avec une vitesse de 3^m50 au moins.

Si on supposait que, pendant le temps d'arrêt, $Sk=1^{m^3}$, pour la machine de Marihaye, prenant $h=0,0443$, $H=10,33$, on aurait $C=233^{m^3}$, ce qui exigerait un puits de 3^m50 de diamètre sur 25^m environ de profondeur. Si l'on avait $Sk=2^{m^3}$, ce qui supposerait $t=\frac{3}{6,82}=0'',3$ seulement, la profondeur du puits devrait être double.

On voit que, pour de faibles dépressions et un grand diamètre des pistons, il serait souvent difficile d'obtenir des capacités assez étendues.

On pourra, d'ailleurs, calculer à quelle distance de la machine se propage la compression, puisque, les puits faisant l'office de régulateur, il se trouve une section telle que la diminution de volume éprouvée par l'air enfermé dans les espaces supérieurs, est égale au volume qui a passé par cette section dans l'intervalle de l'aspiration.

30. *Effet des clapets sur la vitesse absolue de l'air sortant.* —L'effet utile, que nous avons trouvé de 51 p. %, pourrait être considérablement augmenté, si les clapets étaient convenablement établis.

Chaque cloche porte seize ouvertures, huit grandes et huit de moindres dimensions; celles-ci sont des trapèzes réguliers; les premières sont des trapèzes terminés, du côté de la grande base, par un segment de cercle. Leurs dimensions, et celle des clapets qui les recouvrent, sont respectivement :

DÉSIGNATION.	TRAPÈZES.			SEGMENT.		
	BASES.		HAUTEUR.	ARC.	RAYON.	FLÈCHE.
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
Grands clapets.	0,94	0,67	0,35	0,96	1,42	0,09
Ouvertures . . .	0,90	0,63	0,30	0,92	1,38	»
Petits clapets . .	0,60	0,32	0,38	»	»	»
Ouvertures . . .	0,35	0,27	0,35	»	»	»

Tous les clapets sont munis de contre-poids et attachés par leurs petites bases; aussi la vitesse perdue dans cette machine est-elle bien moindre que dans celle de l'Espérance. Néanmoins elle exige encore une hauteur motrice de 0^m01015 pour les clapets des cloches, et de 0^m023 pour ceux des cuves : total, 0^m03315, représentant une vitesse de 22^m77; mais il est possible de réduire considérablement cette perte.

En mesurant directement l'effort nécessaire pour soutenir les clapets par l'extrémité opposée à la charnière, nous avons trouvé $1^{kil}25$ pour les grands, et 1 kil. pour les petits, correspondant respectivement à des pressions de 0^m0064 et 0^m0103 d'eau.

L'effort nécessaire pour soulever les grands clapets du fond,

est au moins quatre fois aussi considérable que pour ceux des cloches, ce qui rend compte de la pression que nécessite l'ouverture de ces clapets; mais ces chiffres ne sont qu'approximatifs, parce que l'effort varie lorsqu'il y a mouvement, non-seulement par l'effet du frottement des clapets et des leviers qui soutiennent les contre-poids, mais aussi par la manière dont ceux-ci sont disposés.

Ainsi qu'on peut s'en convaincre par l'inspection de la Pl. IX, l'action des contre-poids des cloches, loin d'être constante, va en augmentant jusqu'à ce que le levier soit dans une position horizontale; après quoi, elle diminue rapidement. Aussi, lorsque les clapets s'ouvrent, il y a d'abord un mouvement rapide, en vertu duquel ils s'élèvent à toute la hauteur que leur permet d'atteindre la constitution du système; ils retombent bientôt, et oscillent, jusqu'à la fin du mouvement, autour de la position horizontale du levier, qui correspond à une ouverture de 0^m055 environ pour les grands clapets, et de 0^m06 pour les petits.

Dans ces conditions, la section moyenne de l'ouverture de dégagement de l'air est de $0^{m^2}054$ pour un petit clapet, et de $0^{m^2},0671$ pour un grand, soit, pour la section totale, $0^{m^2}9688$.

Le volume engendré par les cloches étant de $6^{m^3}83$, la vitesse de l'air sortant, en prenant 0,55 pour coefficient de contraction, serait de 12^m8, représentant une hauteur motrice de 0^m0104, chiffre qui diffère très-peu de celui qui est donné par l'observation.

D'après la disposition des clapets, ceux-ci s'ouvrent à peu près de la même quantité, quel que soit le volume aspiré. Lorsque le volume diminue, la vitesse de l'air sortant est moindre, ainsi que la hauteur perdue. Dans une expérience (§ 27), la compression est seulement de 0^m004, pour une vitesse de $4\frac{5}{4}$ coups par minute.

31. *Limite de la vitesse absolue de l'air sortant.* — La surface totale des ouvertures recouvertes par les clapets est de $3^{m^2}17$, et l'on peut voir qu'il reste à la circonférence des

cloches une large couronne qui en est dépourvue; la surface totale de la cloche dépasse d'ailleurs trois fois cette quantité.

Si l'air s'échappait librement par les ouvertures de la cloche, la vitesse perdue, pour une contraction de 0,45 et un volume de $6^{m.c}83$, serait de 3^m9, représentant une pression de 0^m001 d'eau. Cette vitesse correspondrait à un écartement des clapets de 0^m15 au moins, pour les petits, et de 0^m22 pour les grands.

La pression de 0^m001 d'eau, répartie sur la surface des clapets, représenterait un effort appliqué au centre de gravité, de $0^{kil}175$ pour les premiers, et de $0^{kil}324$ pour les seconds.

Admettons que la hauteur perdue au passage des clapets, au lieu d'être conforme à l'hypothèse précédente, soit deux fois et demie plus grande, ou 0^m0025 d'eau pour chaque passage, la hauteur totale perdue sera de 0^m005, correspondante à une vitesse de 8^m86.

Dans cette supposition, la dépression utile étant proportionnelle à 0^m0443, l'effort total sera proportionnel à 0^m0493, et l'on aura, pour le rapport de ces deux quantités,

$$\frac{443}{493} = 0{,}9,$$

et, en supposant même que les pertes s'élèvent au dixième du volume théorique, l'effet utile sera encore de 81 p. %.

32. *Disposition à donner aux clapets des cloches.* — Dans ces clapets, outre l'influence nuisible d'une course trop limitée, les leviers des contre-poids sont engagés de telle manière qu'ils ne peuvent se mouvoir sans donner lieu à un frottement considérable, et leurs supports sont si peu élevés, que les contre-poids des clapets intérieurs viennent choquer les clapets extérieurs.

On remédierait à tous ces inconvénients :

1° En plaçant le point d'appui des leviers sur la verticale qui passe par la charnière des clapets;

2° En disposant ces leviers de manière que l'action des

contre-poids fût constante, ou augmentât, à partir du contact, d'une faible quantité (Pl. IX, *fig.* 3 et 4);

3° Enfin en donnant à l'axe de suspension des leviers une forme telle que le frottement y fût très-peu sensible.

On doit aussi établir les charnières en cuir qui retiennent les clapets, de manière qu'elles n'opposent qu'une faible résistance au mouvement de ces derniers.

Les contre-poids doivent être attachés aux leviers au moyen d'une vis de pression qui permette de les déplacer. On pourra déterminer la limite à laquelle les clapets doivent être équilibrés, à l'aide d'un manomètre appliqué à la cloche, qui indiquera la compression pour les diverses positions des contre-poids.

33. *Disposition à donner aux clapets des cuves.* — Si les dispositions précédentes doivent paraître suffisantes pour les clapets des cloches, qui sont à découvert et sous les yeux du machiniste, je pense qu'elles ne seraient plus convenables pour ceux des cuves. Ceux-ci, ne pouvant être visités fréquemment, sont exposés à se charger d'humidité et de crasse, de manière à ne plus être équilibrés que fort imparfaitement. On peut échapper à cet inconvénient, en donnant aux clapets du fond une position verticale ou peu inclinée, qui empêche les crasses de se déposer à leur surface, et, dans tous les cas, rende un excès de poids peu sensible. Comme l'influence de l'espace nuisible est très-minime, on atteindrait ce but en appliquant les clapets aux parois verticales d'un prisme régulier, à bases concentriques au cylindre intérieur, ou plutôt aux arêtes d'un tronc de pyramide placé de la même manière.

Dans le premier cas, les charnières seraient verticales et les clapets devraient être ramenés par de légers contre-poids; dans le second cas, le poids des clapets tendrait à les tenir fermés.

34. *Frottement des cloches.* — Les cloches portent, à l'extérieur, quatre planches glissant sur quatre autres planches fixes, enduites de savon, qui les guident verticalement dans

l'espace annulaire rempli d'eau : de là deux résistances, celle de l'eau et le frottement des planches.

Lorsque la machine est bien disposée, ce frottement peut se négliger dans les calculs, parce que la pression est très-faible et la surface de contact peu étendue.

On pourrait, du reste, substituer avec avantage à ces planches, des tringles de fer fixes, sur lesquelles glisseraient de petites poulies attachées aux cloches.

La résistance de l'eau, quoique négligeable pour la vitesse de la machine, deviendrait bientôt sensible pour une vitesse plus considérable.

En appelant s la surface de contact du liquide, π le poids du mètre cube, v la vitesse du mouvement, g l'action de la gravité, les principes de la mécanique donnent, pour l'expression de la résistance,

$$R=\pi\frac{k}{g}s(v^2+bv);$$

$$\frac{k}{g}=0{,}00035 \text{ et } b=0{,}05.$$

Dans la machine de Marihaye, la surface de contact est invariable, l'une des cloches descendant toujours de la même quantité dont l'autre s'élève. Prenons, pour calculer cette surface, une position extrême du piston. L'une des cloches plonge alors de 2^m25 environ, l'autre de 0^m30; soit, pour la hauteur totale, 2^m55. La circonférence de la cloche étant de 11^m5, et celle-ci étant mouillée sur ses deux faces, la surface totale de contact sera de $58^{m2}65$. Comme $v=0^m65$, on aura pour l'expression de la résistance,

$$R=1000.\,0{,}00035.\,58{,}65.\,0{,}455=9^{kil}34.$$

Cette résistance équivaut à une pression, répartie sur la surface de l'une des cloches, inférieure à 0^m001 d'eau, et le travail absorbé est d'environ $\frac{1}{12}$ de cheval.

Pour une vitesse de 1^m, la résistance serait de $21^{kil}48$,

correspondant à une pression de 0^m002 d'eau et à un travail de chev. 0,3.

35. *Espace nuisible produit par le déplacement du liquide.* — Dans les machines à cloches plongeantes, on doit ajouter, à l'espace nuisible des machines à piston, la perte d'effet due aux changements de niveau du liquide contenu dans l'espace annulaire.

Cette perte est représentée par un volume ayant pour base la couronne qui existe entre la cloche et le cylindre intérieur, et pour hauteur, la différence des niveaux du liquide au commencement et à la fin de la course. Pour une différence de pression totale de 0^m07765, le niveau, dans chaque couronne, ne varierait que de la moitié de cette quantité, ou de 0^m03883, si les cloches étaient sans épaisseur.

La perte serait d'environ $0^{m^3}034$, ou de 0,0017 du volume théorique, perte, comme on le voit, très-minime.

Mais, en réalité, cette perte est bien moindre encore. Les cloches ayant une épaisseur de 0^m003, occasionnent, par leur descente, un déplacement de liquide dont la hauteur est proportionnelle au rapport de cette épaisseur à la largeur de l'espace annulaire ; ce rapport étant égal à $\frac{0,003}{0,3} = 0,01$,

pour une course de 1^m95, le liquide s'élève de 0^m0195, ce qui réduit les différences de niveau, au commencement et à la fin de la course, à 0^m01933, et la perte à moins de $0^{m^3}0175$, ou 0,00085 du volume théorique.

La perte est encore diminuée, parce que les planches attachées aux cloches déplacent une certaine quantité de liquide. On voit qu'en faisant varier, soit la largeur de l'espace annulaire, soit le volume des parties qui plongent dans l'eau, soit la longueur de la course, on peut entièrement annuler ce genre de perte, et même diminuer ou compenser celle qui est due à l'espace nuisible.

36. *Frottement des chaînes et des poulies.* — Quoique l'emploi des chaînes et des poulies ne soit nullement inhérent au système que nous examinons, et n'ait d'autre effet que de remplacer le balancier et les parallélogrammes des autres machines, j'ai néanmoins calculé le travail perdu par le frottement de ces pièces mécaniques, pour juger de leur influence sur la marche de la machine.

Dans le principe, les cloches étaient suspendues par des chaînes ordinaires; mais la pression, pour chaque anneau, n'ayant lieu que dans un espace très-limité, ces chaînes s'usaient promptement et les ruptures étaient très-fréquentes; elles occasionnaient aussi, dans le mouvement des cloches, des déviations de la verticale, d'où résultaient, contre les clouures des cuves, des chocs qui donnaient lieu à des pertes de force et à un bruit assez intense.

Ces inconvénients ont disparu par l'emploi de chaînes anglaises, qui donnent plus de rigidité au système.

D'un autre côté, les chaînes tendent à donner une légère irrégularité au mouvement. Lorsque le piston atteint une des extrémités du cylindre, il est sollicité vers cette extrémité par le poids d'une longueur de chaîne de 1^m95, ou de 80 kil. environ, qui ne se trouve pas équilibré directement; mais, par la constitution de la machine, l'équilibre se produit indirectement : la cloche que soutient la chaîne est descendue de la même longueur dans l'eau et a perdu de son poids une quantité qui compense, et au delà, l'excès de poids de cette chaîne, et favorise, avec la réaction de l'air enfermé sous la cloche, la reprise du mouvement en sens inverse.

On a, pour calculer le travail absorbé par les frottements, les données suivantes :

Distance de l'axe de la poulie à celui de la chaîne, 0^m63

Rayon des tourillons des poulies, ... 0^m038

Poids d'une cloche 1665 kil., d'une poulie 250 kil., d'une chaîne 160 kil., total 2075 kil.

La dépression, sous l'une des cloches, étant de 0^m0675, et

la compression sous l'autre de 0^m01015, on a, au *maximum*, pour la pression verticale sur le tourillon le plus chargé :

Poids total de la cloche, de la chaîne et de la poulie (1).	kil.	2075
Pression de l'air, $10,51 \times 67,5$		709
Total . . .		2784

Pour la pression horizontale :

Le poids de la cloche.	kil.	1665
Charge de la cloche		709
Moitié du poids de la chaîne.		80
Force pour vaincre les frottements, soit. . . .		40
Total . . .		2494

La vitesse du piston étant de 0^m65, et le coefficient du frottement de fer sur cuivre bien graissé, de 0,07, on trouve, pour le travail absorbé :

$$0,07 \times \frac{0,038.65}{65}\sqrt{(2784)^2+(2494)^2}=10^{km}26.$$

Pour l'autre tourillon, la pression verticale est de $2075-10,51\times10,15=1969$ kil. La pression horizontale est un peu inférieure à $1665+80-106=1639$ kil.

Le travail perdu est de.	$7^{km}03$
Soit pour le travail total	$17^{km}29$

Pour déterminer le frottement des chaînes : le rayon du trou des chaînons étant de 0^m015, un point de la circonférence parcourt par seconde

$$\frac{0^m015.65}{65}\times0^m0252=0^m0155;$$

en prenant $\frac{1}{5}$ pour le coefficient du frottement de fer sur fer mouillé, on trouve que le frottement absorbe :

D'un côté, un travail de		$15^{km}33$
De l'autre		10, 15
	Total.	$25^{km}48$,

ou $\frac{1}{8}$ de cheval.

(1) On ne tient pas compte de la perte de poids de la cloche dans l'eau.

Le travail perdu par les deux résistances que nous venons d'examiner, est donc de $42^{km}77$, ou 0,57 de cheval-vapeur, équivalent à une pression de $0^{m}006$ d'eau sur l'une des cloches.

D'un autre côté, j'ai lieu de croire que la chaîne est encore trop faible et qu'il conviendrait de donner plus de solidité aux boulons ; on pourrait, dans les machines qu'on aurait à établir, compenser avantageusement le surcroît de résistance qui en résulterait, en donnant aux poulies un diamètre plus grand.

37. *Pertes d'air.*— Je n'ai pu déterminer avec exactitude les pertes d'air qui ont lieu par les clapets, parce que l'air aspiré ne se trouvait réuni dans aucun endroit convenable pour ces sortes d'expériences. Un jaugeage exécuté à l'entrée des travaux inférieurs, à 237^{m} de profondeur, m'a donné $4^{m3}2$. Le volume théorique était de $6^{m3}83$; mais une partie de l'air passait par l'étage supérieur, à 179^{m} de profondeur. Cet étage ayant été fermé par des portes, j'ai trouvé, dans une autre expérience, $4^{m3}555$ pour le volume d'air qui alimentait les travaux du midi, et auquel il faut ajouter une quantité indéterminée qui passait par deux tailles plus rapprochées du puits.

D'après la manière dont se trouve établie la machine de Marihaye, les pertes doivent être moindres qu'à celle de l'Espérance. En supposant qu'elles soient, comme nous l'avons admis pour cette dernière, les 0,08 du volume théorique, nous serons certainement au-dessus de la réalité.

Pour éviter l'aspiration de l'air extérieur par les tampons des puits, on a adopté un mode de fermeture, indiqué dans le cours de M. Devaux, et qui consiste à faire plonger, dans une rigole annulaire remplie d'eau, les bords d'une cloche en tôle de quelques centimètres de hauteur. Cette fermeture non-seulement est tout à fait étanche, mais elle peut s'ouvrir avec la plus grande facilité ; en cas d'explosion dans l'intérieur de la mine, elle n'opposerait pas de résistance au choc des

gaz, et la machine échapperait très-probablement à cette cause de destruction.

38. *Effet utile des machines à cloches plongeantes.* — Les diverses considérations qui précèdent nous montrent que le travail dépensé par le mouvement des cloches de la machine de Marihaye, dans les circonstances où nous l'avons examinée, est de 7,07 chevaux :

Effet utile (52 pour °/₀)	chev.	3,711
Pertes d'air (0,08)		0,323
Résistance des clapets		3,037
	Total.	7,071

La surface du piston étant de 506 centim. carrés (10 pouces anglais de diamètre), pour une vitesse de 0m65 et une pression de 2 $\frac{1}{2}$ atmosphères effectives (1), la force théorique est de 11,3 chevaux, dont les $\frac{5}{8}$ sont appliqués à l'appareil de ventilation. Des 4,23 chevaux non utilisés, la résistance du piston et des accessoires en emploie 1,84, lorsque la machine n'est pas chargée, et le frottement des poulies et des chaînes, 0, 57.

Une machine modifiée comme je l'ai indiqué, exigerait, pour le même résultat, un travail de 4,5 chevaux :

Effet utile (82 p. °/₀)	chev.	3,711
Pertes d'air		0,323
Résistance des clapets		0,455
	Total.	4,489

ce qui supposerait une force théorique de 7,2 chevaux.

Enfin, par ce système, on pourrait obtenir l'effet que réalisait, lors de nos expériences, la machine de l'Espérance,

(1) L'expérience a constaté que la pression de la vapeur dans le cylindre différait très-peu de celle qui a lieu dans la chaudière, et qu'elle se maintenait constante pendant toute la course du piston.

avec une force effective de 6 chevaux, ou une force théorique de 9,45 chevaux.

39. *Frais d'établissement de l'appareil à cloches.* — Si, dans ce genre d'appareil, les frais d'entretien sont presque nuls et présentent, sous ce rapport, une notable économie sur les machines à piston, les frais d'établissement sont, d'un autre côté, un peu plus élevés. L'appareil de Marihaye, qui peut engendrer un volume de plus de 40^{m3}, a exigé pour sa confection :

	Fonte.	Fer.
Deux cuves doubles en tôle	kil.	4,369
Trente-deux clapets avec contre-poids..	kil. 221	» 463
Deux cloches en tôle		2,756
Trente-deux clapets avec contre-poids.. .	139	436
Total.	360	8,024

A raison de 60 fr. les 100 kil. fer et tôle, et de 15 fr. la fonte, la dépense totale serait de 4,868 fr. 40 c.

Des cuves en bois, avec pistons et clapets, comme à l'Espérance, coûteraient, pour la même capacité, au moins 3,500 fr.

On voit que la faible différence de prix, en faveur des machines à piston, est loin d'établir une compensation aux frais d'entretien qu'elles nécessitent.

VENTILATEURS.

40. Tous les ventilateurs employés à l'aérage des mines peuvent se diviser en deux grandes catégories, suivant leur mode d'action sur le fluide qu'ils doivent déplacer :

Ou bien ils impriment à l'air un mouvement centrifuge, dans les canaux mobiles dont ils sont formés : ce sont les *ventilateurs à force centrifuge ;*

Ou bien les canaux mobiles éprouvent un mouvement de translation, en vertu duquel le fluide glisse sur les cloisons de l'appareil, sans s'éloigner de l'axe : nous les appellerons *ventilateurs à mouvement circulaire de translation.*

VENTILATEURS A FORCE CENTRIFUGE.

41. *Théorie.* — Pour nous rendre compte du mode d'action de ce genre d'appareil, considérons un vase cylindrique (Pl. IX, *fig.* 5) mû circulairement autour de l'axe vertical AB, et contenant une certaine quantité de liquide. Supposons que le mouvement du vase soit communiqué au fluide, ou par l'effet du frottement, ou par le moyen de cloisons attachées à l'axe, et que ce mouvement soit uniforme.

On sait que, dans ce cas, le liquide se déprime près de l'axe, pour s'élever contre les parois du vase, de manière que la surface affecte la forme d'un paraboloïde de révolution.

Nommons w la vitesse de rotation des points situés à l'unité de distance de l'axe, ou la vitesse angulaire; r le rayon intérieur du vase; h la hauteur ND de l'intersection de la surface du liquide avec les parois du vase au-dessus du point A, où cette surface coupe l'axe AB.

La mécanique nous apprend que, dans ces conditions,

$$h=\frac{w^2r^2}{2g}.$$

Le point N de la surface est donc pressé par une hauteur h de liquide : il en résulte que, si l'on pratique en ce point une petite ouverture, le liquide prendra, dans cette ouverture, une vitesse donnée par la relation

$$u=\sqrt{2gh}=wr,$$

égale par conséquent à la vitesse de rotation.

Si, au lieu de n'éprouver aucune pression à l'extérieur, l'orifice de sortie est baigné par un liquide de même densité que celui du vase, et dont la hauteur au-dessus de cet orifice soit égale à KN=H, la vitesse d'écoulement, au lieu d'être égale à $\sqrt{2gh}$, sera donnée par l'expression

$$u=\sqrt{2g(h-H)}=\sqrt{w^2r^2-2gH}. \quad . \quad . \quad (a).$$

Cette vitesse sera encore diminuée, si le liquide, au lieu de s'échapper librement par l'orifice, doit traverser des conduits, et s'il éprouve des perturbations dans son mouvement, comme des chocs, des contractions, etc. En représentant par h' la pression nécessaire pour vaincre ces diverses résistances, la vitesse de sortie deviendra

$$u=\sqrt{2g(h-\Pi-h')},$$

ou

$$u^2=w^2r^2-2g\Pi-2gh' \quad \ldots\ldots (b).$$

Si, de ces quatre termes, trois nous sont donnés par l'expérience, nous pourrons déterminer l'autre par le calcul.

Outre les résistances dans l'intérieur de l'appareil, le fluide en mouvement emporte avec lui une certaine quantité de force motrice; si nous supposons que l'orifice soit dans la direction du rayon, comme le liquide participe au mouvement de l'appareil et se meut circulairement avec la vitesse wr, il s'échappera avec une vitesse absolue qui sera la résultante de celle-ci et de la vitesse u dans l'orifice, ou qui sera égale à

$$\sqrt{w^2r^2+u^2},$$

représentant une hauteur motrice

$$h''=\frac{w^2r^2+u^2}{2g} \quad \ldots\ldots (c).$$

Si l'orifice est dirigé suivant la tangente et en sens inverse du mouvement de rotation, la vitesse absolue d'écoulement sera égale à

$$wr-u. \quad \ldots\ldots (c').$$

Enfin cette vitesse sera égale à

$$\sqrt{w^2r^2+u^2-2uwr\cos a} \quad \ldots\ldots (c''),$$

si a représente l'angle que forme la direction de l'orifice avec la tangente à la circonférence, du côté opposé au mouvement de rotation.

42. *Calcul de l'effet des ventilateurs à force centrifuge.* — Ces bases posées, nous allons voir comment les ventilateurs rentrent dans cette théorie.

D'abord, les faibles différences de pression que l'on observe dans les machines d'aérage, nous permettent d'attribuer à l'air les conditions de mouvement des fluides incompressibles.

Les ventilateurs aspirants ont tous pour but de faire passer dans l'atmosphère, de l'air qui se trouve dans une capacité où la pression est moindre. Il en résulte que, dans tous les ventilateurs, les orifices de sortie sont soumis à un certain excès de pression, qui, mesuré en colonne d'air, représente la hauteur KN ou H de l'hypothèse précédente. Cette hauteur H mesure la dépression opérée par l'appareil; elle est par conséquent proportionnelle à l'effet utile.

Ayant jaugé le volume d'air aspiré, par l'un des trois moyens indiqués § 7, et la section des canaux mobiles nous étant donnée, nous connaîtrons u, ou la vitesse relative de l'air dans ces canaux. La vitesse angulaire est aussi connue; dès lors nous pourrons déterminer facilement h', ou l'effet des résistances dans l'intérieur de l'appareil, puisque l'équation (b) nous donne

$$h' = \frac{w^2r^2 - u^2}{2g} - H.$$

Enfin, connaissant u et wr, on calculera facilement h'', ou la hauteur perdue par la vitesse absolue de l'air sortant, par l'une des trois formules (c), (c'), (c'').

Nous aurons ainsi tous les éléments nécessaires pour déterminer le rapport de l'effet utile du ventilateur à la force totale employée pour produire le mouvement de l'air, abstraction faite du frottement des pièces mécaniques et du frottement de l'air extérieur sur les disques tournants.

L'effet utile étant proportionnel à H, et l'effort total à $H+h'+h''$, on aura, pour le rapport de ces deux quantités,

$$E=\frac{H}{H+h'+h''} \quad \ldots\ldots (d).$$

On pourrait objecter qu'il existe une différence entre les ventilateurs et le cylindre tournant que nous avons considéré, en ce que, dans les ventilateurs, les canaux occupent seulement une couronne plus ou moins large vers le contour extérieur; mais, si l'on remarque que les particules fluides, à leur entrée dans les canaux mobiles, participent immédiatement au mouvement de rotation, de manière que, si elles sont d'abord animées, dans la direction du rayon, de la vitesse v', et que r' soit le rayon de la circonférence intérieure du ventilateur, elles acquerront la vitesse $\sqrt{w^2r'^2+v'^2}$, on concevra que, pour les appareils que nous aurons à examiner, la théorie reste la même, quelle que soit la distance à l'axe de l'origine des canaux. M. Combes, dans le supplément au *Traité de l'aérage*, tome XVIII de la 3e série des *Annales des mines*, est arrivé aux mêmes résultats que ci-dessus, par une voie différente : en supposant que l'air entre sans choc dans les canaux mobiles, et en négligeant les résistances, il trouve (p. 612), pour l'expression de la vitesse, l'équation (*a*), ou

$$u^2=w^2r^2-2gH,$$

et, en tenant compte des résistances, il trouve (page 621) une relation identique avec l'équation (*b*).

43. Deux espèces différentes de ventilateurs à force centrifuge ont été établies en Belgique : les ventilateurs à ailes courbes de M. Combes, dont la description et la théorie se trouvent exposées dans son *Traité de l'aérage*, et les ventilateurs ordinaires à force centrifuge et à ailes planes, avec de légères modifications dues à M. Letoret.

N'ayant pas été à même de faire des expériences sur ces appareils, je prendrai pour base de mes calculs celles que nous devons à la sollicitude éclairée de M. Rainbeaux, chef de l'établissement du Grand Hornu, près de Mons, et qui ont été confiées aux soins de M. Glépin, directeur du charbonnage de cet établissement. Ces expériences se trouvent décrites dans le *Bulletin du Musée de l'Industrie*, année 1843.

44. *Ventilateur de M. Combes.* — Un ventilateur de ce système, construit avec les plus grands soins et toutes les modifications dont la pratique a fait reconnaître l'utilité, se trouve établi à l'une des mines du Grand Hornu. Il est formé de trois ailes, qui sont tangentes à la circonférence extérieure et forment un angle de 6°39′ avec la tangente à la circonférence intérieure. Les rayons de ces circonférences sont de 0^m85 et de 0^m68. La section totale des canaux est de $0^{m2}1695$; leur hauteur est, à l'entrée, de 0^m34, et à la sortie, de 0^m355.

Ce ventilateur se trouve décrit pages 81 et suivantes du *Bulletin*, et les expériences dont il a été l'objet sont rapportées pages 86, 87, 297 et 298.

45. *Vitesse absolue de l'air sortant.* — Cette vitesse nous sera donnée par l'expression $wr-u$; il suffit donc, pour chaque expérience, de calculer la vitesse de l'extrémité des ailes et d'en retrancher la vitesse de l'air dans les canaux. Le tableau suivant présente le résultat de ces calculs et l'indication de la hauteur perdue, $h''=\frac{(wr-u)^2}{2g}$, à côté de la hauteur utile H.

DÉTAIL.	EXPÉRIENCES.				
	1re.	2e.	3e.	4e.	5e.
Vitesse angulaire.	$48^{m}90$	$51^{m}40$	$56^{m}748$	$43^{m}227$	$55^{m}50$
Volume aspiré.	$2^{m3}413$	$2^{m3}532$	$2^{m3}851$	$3^{m3}694$	$4^{m3}567$
Vitesse (wr) de l'extrémité des ailes.	$41^{m}565$	$45^{m}69$	$48^{m}255$	$36^{m}74$	$45^{m}475$
Vitesse relative (u). . . .	14,256	14,94	16,82	21,80	26,90
Vitesse de l'air sortant. .	27,329	28,75	31,415	14,94	18,575
Hauteur perdue (h'') en air.	38,00	42,12	50,27	11,55	17,40
» en eau.	0,046	0,05	0,059	0,014	0,021
Hauteur utile (H) en air. .	25,64	25,27	31,90	10,67	17,035
» en eau. .	0,031	0,03	0,038	0,013	0,021

On voit, d'après ces calculs, que, pour des dépressions qui varient de $0^{m}03$ à $0^{m}04$ d'eau, la vitesse perdue est de 27^{m} à 34^{m}, et absorbe un travail moteur supérieur à 1,5 fois le travail utile, tandis que, dans la machine de Marihaye, malgré l'état défectueux dans lequel elle se trouve, la vitesse perdue ne dépasse pas 23^{m}, correspondant à une colonne d'eau de $0^{m}033$. Pour des dépressions plus faibles, la perte est encore supérieure au travail, et cette perte serait probablement énorme pour des volumes et des dépressions considérables. Admettons, par exemple, que, dans le ventilateur calculé par M. Combes pour faire l'effet de la machine de l'Espérance (pages 611 et suivantes du supplément au *Traité de l'aérage*), la vitesse angulaire nécessaire soit 1,5 fois la vitesse théorique, comme dans les trois premières expériences du tableau, nous trouverons, pour la vitesse absolue de l'air, $47^{m}53$, correspondant à une hauteur génératrice de $115^{m}25$ d'air, ou

0m14 d'eau. Dans la machine de l'Espérance, la hauteur perdue est de 0m1063 d'eau.

Le but que l'on avait eu en vue, en substituant les ventilateurs à ailes courbes aux machines à soupapes, est donc loin d'avoir été atteint, et ce sont ces dernières qui présentent incomparablement les meilleures conditions, sous le rapport de la vitesse absolue de l'air sortant, surtout lorsque l'aspiration a lieu sous des dépressions un peu élevées.

46. *Effet de la résistance de l'air dans les ventilateurs à ailes courbes.* — Il existe, dans les ventilateurs, d'autres causes encore d'absorption de travail moteur, qui ne se rencontrent pas dans les machines à soupapes : ce sont les frottements des fluides aspirés et les perturbations qu'ils éprouvent dans leur mouvement.

La nécessité d'imprimer à ces appareils une vitesse angulaire beaucoup plus considérable que celle qu'indique la théorie, démontre que l'effet des résistances est bien supérieur à celui que donne le calcul par les principes ordinaires de la mécanique. Il suffit, pour le prouver à l'évidence, de mettre dans l'équation (*b*) les données de l'expérience.

Comme $\frac{1}{2g}=0{,}051$, on aura, pour l'expression de la hauteur absorbée par les résistances,

$$h'=0{,}051\ (w^2r^2-u^2)-\mathrm{H},$$

et, en faisant le calcul pour chaque expérience, on dressera le tableau suivant :

DÉTAIL.	EXPÉRIENCES.				
	1re.	2e	3e	4e	5e
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
$0{,}051\ (w^2r^2-u^2)$	77,87	91,06	104,20	44,60	68,52
H	25,64	25,27	31,90	10,67	17,04
h'	52,23	65,79	72,30	33,93	51,48

On voit, d'après ces calculs, que les résistances occasionnent une perte de travail moteur supérieure à deux et trois fois l'effet utile, suivant que les dépressions sont plus ou moins élevées.

47. *Effet utile des ventilateurs Combes.* — Les deux tableaux précédents nous donnent, pour chacune des expériences, la valeur de h' et de h''; H est d'ailleurs connu. Il en résulte que, pour obtenir l'effet utile, sans tenir compte des résistances des pièces mécaniques, il suffit de substituer les valeurs trouvées, dans l'expression (d), ou

$$E = \frac{H}{H + h' + h''} \quad \ldots \ldots (1).$$

On dressera ainsi le tableau suivant :

DÉTAIL.	EXPÉRIENCES.				
	1re.	2e.	3e.	4e.	5e.
	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.	Mètres.
H.	25,64	25,27	31,90	10,67	17,04
h'.	52,23	65,79	72,30	33,93	51,48
h''.	38,00	42,12	50,27	11,35	17,40
$H+h'+h''$.	115,87	133,18	154,47	55,95	85,92
Effet utile (E).	0,221	0,197	0,206	0,19	0,20
Effet en chevaux.	1ch00	1ch01	1ch44	0ch64	1ch27

(1) Si l'on ne tenait pas à déterminer isolément les diverses causes de perte de travail moteur, on arriverait plus simplement à ce résultat en substituant à h' et à h'' leurs valeurs tirées des équations (b) et (c'); on aurait ainsi, pour l'expression de l'effet utile,

$$E = \frac{H}{\frac{2w^2r^2 - 2uwr}{2g}} = \frac{H}{0{,}102wr(wr-u)}.$$

On voit que les résultats de ces expériences concordent parfaitement, et que l'effet utile n'est que les 0,20 du travail moteur nécessaire pour imprimer le mouvement à l'air. En ajoutant à ce travail celui des résistances passives, telles que le frottement de l'axe du ventilateur, la raideur des courroies et le frottement de l'air extérieur sur les disques, l'effet utile n'atteindrait probablement pas 15 p. °/₀ de la force transmise par la machine.

Ce résultat n'étonnera pas, si l'on remarque que les conditions théoriques d'après lesquelles l'appareil a été établi, ne se réalisent nullement.

Ainsi, au lieu que l'air entre sans choc dans les canaux et se meuve ensuite suivant le rayon, par l'effet de la vitesse relative u dans les canaux, combinée avec la vitesse de rotation, cet air, d'après les données de la première expérience, la seule pour laquelle j'aie effectué le calcul, serait frappé par l'origine des ailes du ventilateur et entraîné, avec une vitesse absolue considérable, dans une direction qui ferait un angle de 4° 52′ seulement avec celle du mouvement de rotation (¹).

Ajoutons toutefois que ce ventilateur ne s'est pas probablement trouvé dans les conditions qui correspondent au *maximum* d'effet utile qu'il peut réaliser; mais, dans tous les cas, il est certain que les résultats qu'il fournirait ne seraient jamais très-favorables, parce que non-seulement le surcroît de résistance que produit la forme des canaux entraîne une grande perte de travail moteur, mais il en résulte

(¹) En nommant v' la vitesse absolue de l'air entrant dans les canaux, r_0 le rayon de la circonférence intérieure du ventilateur, et sachant que l'angle que l'orifice des ailes fait avec la tangente à cette circonférence est de 6°39′, on aura, pour la valeur de v',

$$v' = \sqrt{w^2 r_0^2 + u^2 - 2wr_0 u \cos 6°39'} = 19^m,2$$

en désignant par δ l'angle que forment les deux vitesses v' et wr_0, on a la relation :

$$u^2 = w^2 r_0^2 + v'^2 - 2wr_0 v' \cos \delta;$$

d'où l'on tire $\delta = 4° 52'$.

que la vitesse du courant d'air dans l'appareil est toujours fort inférieure à la vitesse de rotation, et que l'avantage d'opposer ces deux vitesses est largement compensé par la plus grande différence qui existe entre elles. Cet effet, prévu avec beaucoup de sagacité par M. Péclet, dans son *Traité de la chaleur*, sera mis hors de doute par nos calculs des expériences faites sur les ventilateurs ordinaires à force centrifuge.

On remarquera, d'ailleurs, que le rapport de la perte produite par la vitesse absolue de l'air sortant à l'effet utile, augmente avec la dépression dans les galeries d'appel; mais que, par compensation, le rapport de la perte due aux résistances à l'effet obtenu croît lorsque la dépression diminue. C'est ce qui explique le peu de variation de l'effet utile théorique dans les expériences précédentes.

M. Glépin, en mesurant à l'aide du frein la force appliquée au ventilateur, a trouvé, pour les trois premières expériences, un effet utile de 39, 36 et 38 p. %. Pour les deux dernières, cet effet n'est plus que de 25 et 27 %. D'après les calculs qui précèdent, j'ai lieu de croire que M. Glépin s'est trompé dans l'évaluation du travail moteur, et qu'un examen plus attentif l'eût conduit à d'autres résultats.

48. *Ventilateur à ailes planes.* — Depuis longtemps déjà on emploie, en Allemagne et en Belgique, les ventilateurs ordinaires à force centrifuge, pour l'aérage de certaines parties de mines où une ventilation plus active est momentanément nécessaire. M. Letoret est, je pense, le premier qui, vers 1841, les ait appliqués à l'aérage d'une grande exploitation, et on lui doit une disposition particulière de ces appareils, qui en facilite l'usage. Elle consiste à établir le ventilateur entre deux canaux en maçonnerie, qui en forment les joues et qui communiquent avec la mine (Pl. IX, *fig.* 6). L'axe du ventilateur est horizontal, et chacun des canaux est percé, autour de cet axe, d'une ouverture dont le diamètre est moindre que celui du ventilateur.

L'espace compris entre les deux canaux est entièrement ouvert, et l'air aspiré est rejeté dans l'atmosphère par l'intervalle qui les sépare. Pour éviter l'effet nuisible de la rencontre des courants qui arrivent par deux directions opposées, un diaphragme lenticulaire en tôle, formé par la réunion de deux cônes très-évasés, se trouve établi au centre du ventilateur.

M. Letoret a, en outre, fait subir à ces ventilateurs une modification dont l'avantage est plus problématique, en articulant les ailes planes, de manière qu'on puisse leur donner une inclinaison plus ou moins grande sur la direction du mouvement de rotation.

49. *Effet utile des ventilateurs à ailes planes.* Système de M. Letoret. — Lorsque les ailes sont dans la direction du rayon, on a, pour l'expression de la vitesse absolue de l'air sortant, $\sqrt{w^2r^2+u^2}$, et, pour la hauteur perdue, la relation (*c*) § 41,

$$h''=\frac{w^2r^2+u^2}{2g}.$$

Dans les ventilateurs du système de M. Letoret, les ailes sont inclinées sur le rayon ; mais, comme la vitesse u est toujours très-faible, nous pourrons, sans erreur sensible, adopter l'expression précédente pour représenter la vitesse perdue.

On a, d'un autre côté, pour déterminer les résistances de l'air dans l'intérieur de l'appareil, l'équation (*b*) § 41, ou

$$h'=\frac{w^2r^2-u^2}{2g}-\mathrm{H}.$$

En ajoutant ces deux équations, on trouve

$$\mathrm{H}+h'+h''=2\frac{w^2r^2}{2g}=2.0{,}051w^2r^2,$$

et, par suite, pour l'expression de l'effet utile théorique,

$$E=\frac{H}{H+h'+h''}=\frac{H}{2.0{,}051w^2r^2}.$$

D'après ces principes, calculons le résultat des expériences faites par M. Glépin sur différents ventilateurs.

Ventilateur du charbonnage de Ste-Victoire, près de Mons. —Ce ventilateur, établi comme nous l'avons indiqué ci-dessus, présente les dimensions suivantes (*Mémoire de* M. Glépin, *p.* 76).

Longueur des ailes	0^m77
Largeur dans le sens parallèle à l'axe	0^m93
Longueur des bras à l'extrémité desquels se trouvent articulés les montants qui supportent les ailes.	0^m80
Longueur de ces montants.	0^m90
Nombre d'ailes.	4
Diamètre des ouvertures par lesquelles l'air de la mine arrive au ventilateur	1^m60

J'ai pris, parmi les expériences rapportées page 77, les deux dernières, où l'on avait mesuré directement la force appliquée.

Dans une de ces expériences, le ventilateur débitait $2^{m3}939$, sous une pression de 12^m49 d'air, ou de 0^m0152 d'eau.

Le nombre de révolutions était de 113 par minute, et l'angle formé par les bras et par les ailes du ventilateur était de 135°. L'effet utile réalisé était de $0^{ch}6$.

D'après ces données, on arrive aux résultats suivants :

Le rayon extérieur du ventilateur est égal à

$$\sqrt{(0{,}80)^2+(0{,}90)^2-2.0{,}8.0{,}9\cos 135^\circ}=1^m571;$$

La vitesse angulaire,

$$w=11^m833;$$

d'où

$$0{,}051 w^2 r^2 = 17^m 617,$$

et

$$E = \frac{12{,}49}{2.17{,}617} = 0{,}35.$$

La section des canaux étant supérieure à $4^{m2}5$, on voit que la vitesse u est inférieure à $\frac{2{,}939}{4{,}5}$, ou à 0^m66, et que, par suite, $h'' = \frac{w^2 r^2 + u^2}{2g}$ ainsi que $H + h' = \frac{w^2 r^2 - u^2}{2g}$, diffèrent très-peu de $\frac{w^2 r^2}{2g}$.

On peut donc, sans erreur sensible, prendre, pour la hauteur perdue par la vitesse de l'air sortant, l'expression

$$\frac{w^2 r^2}{2g} = 17^m 617,$$

et, pour la hauteur absorbée par les résistances,

$$\frac{w^2 r^2}{2g} - H = 17^m 617 - 12^m 49 = 5^m 127.$$

Dans l'expérience suivante, le ventilateur aspirait $3^{m3}01$ par seconde, sous une pression de 15^m45 d'air, ou de 0^m0188 d'eau, et réalisait ainsi un effet utile de $0^{ch}754$. Le nombre des révolutions était de 137 par minute, et l'angle formé par les ailes et les bras qui les supportent, de 105°.

D'après ces données, on trouve que $r = 1^m35$, $= 14^m348$ et $0{,}051 w^2 r^2 = 19^m121$; par conséquent

$$E = \frac{15{,}45}{2.19{,}121} = 0{,}40$$

La pression nécessaire pour mouvoir l'air est ainsi employée:

Effet utile	15^m45
Résistance de l'air dans l'appareil	3^m671
Vitesse absolue	19^m121
Total. .	38^m242

Pour obtenir l'effet utile pratique, il faudrait ajouter à cet effort le frottement de l'axe, la résistance des courroies et les vibrations des diverses parties du ventilateur. Pour un travail utile de $0^{ch}6$ à $0^{ch}754$, comme dans les expériences précédentes, qui correspond à une force théorique, nécessaire pour mouvoir l'air, de $1^{ch}71$ et $1^{ch}88$, on pourrait admettre que le travail absorbé par les résistances inhérentes au mouvement de la machine est égal au travail théorique.

On aurait alors, pour l'effet utile pratique, la moitié des nombres trouvés plus haut, ou 17,5 et 20 p. %.

M. Glépin, en mesurant, à l'aide du frein, le travail moteur transmis par la machine, a trouvé 16 et 18 p. %.

Ventilateur du charbonnage de l'Agrappe et Grisœil. — Les dimensions de cet appareil diffèrent peu de celles du ventilateur précédent. Dans une expérience (*Mémoire de* M. Glépin, *p.* 78), il débitait $3^{m^3}948$ par seconde, sous une pression de 16^m25 d'air, ou de 0^m02 d'eau, et réalisait un travail utile de $1^{ch}05$. Le nombre de révolutions était de 144 par minute, et l'angle formé par les bras avec les ailes, de 110°. Dans ces conditions, j'évalue à 1^m35 le rayon extérieur du ventilateur.

On obtient, d'après ces données,

$$0{,}051\omega^2r^2=21^m125,$$

$$E=\frac{16{,}25}{2.21.125}=0{,}38.$$

En réduisant cet effet de moitié, pour tenir compte des résistances passives de la machine, on a, pour l'effet utile pratique, 19 p. %.

M. Glépin a trouvé 20 p. %.

Ventilateur du charbonnage de Marcinelle. — Ce ventilateur, décrit page 304 du *Bulletin* de l'année 1843, est composé de huit ailes en tôle, fixées à des rayons en fonte, et courbées à leurs extrémités suivant des portions de surface cylindrique.

Le rayon de la circonférence extérieure est de. . 1^m023

Celui de la circonférence intérieure et des ouvertures centrales, de. . . . . 0^m315

La largeur des ailes est de . . . . . 0^m60

L'espace libre laissé entre les joues et les tranches latérales des ailes, de. . . . . 0^m025

Ce ventilateur aspirait $2^{m3}91$ par seconde, sous une pression de 8^m6 d'air, ou de 0^m01 d'eau, et réalisait un travail utile de $0^{ch}387$, en faisant 246 tours par minute.

De ces données, on déduit $0{,}051w^3r^2 = 35^m322$,

et

$$E = \frac{8{,}6}{2.35{,}322} = 0{,}12.$$

M. Glépin a trouvé, pour l'effet utile pratique, 10 p. %.

Ce faible résultat est évidemment dû à la disposition défectueuse de l'appareil, dont l'un des vices principaux est l'étendue des ailes, comparée à la faible section des ouvertures par lesquelles arrive l'air de la mine. L'air doit se mouvoir dans ces ouvertures avec une vitesse de 8 à 9^m, et, outre la perte due à la hauteur génératrice de cette vitesse, il doit se produire des perturbations très-nuisibles.

Le tableau suivant présente le résumé des quatre expériences rapportées ci-dessus :

DÉTAIL.	EXPÉRIENCES.			
	1re	2e	3e	4e
Volume aspiré.	$2^{ms}939$	$3^{ms}01$	$3^{ms}948$	$2^{ms}91$
Valeur de H.	$12^{m}49$	$15^{m}45$	$16^{m}25$	$8^{m}60$
» » h'	5,127	5,671	4,875	26,722
» » h''	17,617	19,121	21,125	35,322
Effet utile théorique. . .	0,35	0,40	0,38	0,12
» » pratique. . . .	0,16	0,18	0,20	0,10
» en chevaux . . .	0ch6	07ch54	1ch03	0ch387

D'après ce tableau, on voit que, à l'exception de la dernière expérience, la vitesse absolue de l'air sortant, dans les ventilateurs à ailes planes, n'est pas plus grande que dans les ventilateurs à ailes courbes, tandis que les résistances, dans l'intérieur de l'appareil, sont beaucoup moindres.

D'un autre côté, la vitesse relative u étant très-faible et inférieure à 1^{m}, on voit que l'inclinaison donnée aux ailes, pour annuler une partie de cette vitesse, doit être plutôt nuisible qu'utile.

VENTILATEURS A MOUVEMENT CIRCULAIRE DE TRANSLATION.

50. *Théorie.* — Dans ces appareils, l'aspiration est déterminée par la translation des canaux mobiles au milieu de l'air qu'il s'agit de déplacer. Pour nous faire une idée des phénomènes qui se produisent, nous admettrons, en grande partie, les principes théoriques que M. Combes a développés dans son supplément au *Traité de l'aérage*. Considérons un tuyau en mouvement dans la direction de son axe, au milieu d'un fluide soumis à une pression constante; les molécules fluides

placées à l'intérieur du tuyau tendront à glisser avec une vitesse égale à celle avec laquelle les parois du tuyau se dérobent sous elles ; si v est la vitesse de translation, théoriquement la vitesse d'écoulement sera égale à v, et la même que si le tuyau immobile mettait en communication deux capacités où la différence de pression serait égale à $\frac{v^2}{2g} = h_1$.

Si, lorsque le tuyau est en repos, la pression de l'air, au lieu d'être uniforme, est moindre d'une quantité H à l'entrée qu'à la sortie, la vitesse théorique u de l'air, pour une vitesse v de translation, sera seulement produite par la hauteur $h_1 - H$, ou $\frac{v^2}{2g} - H$, et l'on aura

$$u = \sqrt{v^2 - 2gH}.$$

Enfin les résistances que l'air éprouvera dans son mouvement rendront cette vitesse moindre encore, et, si nous représentons par h' l'effet de ces résistances, la vitesse d'écoulement sera seulement

$$u = \sqrt{v^2 - 2g(H + h')} = \sqrt{2g(h_1 - H - h')}.$$

D'un autre côté, l'air possédant une vitesse égale à u, et le tuyau une vitesse égale à v, l'air sortira avec une vitesse absolue $v - u$, représentant une hauteur perdue

$$h'' = \frac{(v-u)^2}{2g}.$$

Cette perte sera d'autant plus grande, pour une vitesse donnée de l'air, que la dépression utile H sera elle-même plus grande, et elle ne pourra jamais être anéantie.

D'après ces diverses relations, l'effet utile étant proportionnel à H, l'effort total proportionnel à $H + h' + h''$, le rapport

de ces deux quantités, ou l'effet utile théorique, sera égal à

$$E = \frac{H}{H + h' + h''} = \frac{2gH}{2v(v-u)}.$$

51. Dans les appareils de ventilation, les canaux mobiles sont inclinés sur la direction du mouvement, ce qui exige une modification dans l'expression de la vitesse théorique produite. M. Combes, partant du cas particulier où le plan de l'orifice est perpendiculaire à la direction du mouvement, admet que l'effet de l'inclinaison est nul, et que, pour une vitesse de translation donnée, la vitesse d'écoulement est constante, quelle que soit l'inclinaison du tuyau. Il applique ensuite ce principe à la théorie de la vis, où le plan de l'orifice, comme dans tous les autres appareils, est parallèle à la direction du mouvement : on en tirerait la conséquence que, même dans ce cas, l'effet ne varie pas pour une même vitesse de translation, que l'axe du tuyau soit perpendiculaire ou parallèle à la direction de cette vitesse, ce qui est inadmissible.

Je pense, au contraire, d'après les principes posés plus haut, que la vitesse théorique de l'air est égale à la vitesse avec laquelle la surface sur laquelle il repose tend à se dérober sous lui : si le tuyau fait, avec la direction du mouvement, un angle a, la vitesse de translation parallèle à l'axe du tuyau sera $v \cos a$, et la hauteur théorique correspondante

$$h_1 = \frac{v^2 \cos^2 a}{2g}.$$

Nous devrons, pour obtenir la vitesse réelle de l'air, retrancher comme ci-dessus, de cette hauteur, la dépression H et l'effet des résistances h', ce qui nous donnera

$$u = \sqrt{v^2 \cos^2 a - 2g(H + h')}.$$

Enfin, l'air possédant une vitesse relative u, qui fait un angle a avec la direction du mouvement, on aura, pour l'expression de la vitesse perdue,

$$\sqrt{v^2+u^2-2uv\cos a},$$

et

$$h''=\frac{v^2+u^2-2uv\cos a}{2g}.$$

et l'effet utile théorique sera exprimé par

$$E=\frac{H}{H+h'+h''}=\frac{2gH}{v^2(\cos^2 a+1)-2uv\cos a} \quad \ldots (f).$$

Remarquons que la vitesse théorique de l'air étant donnée par la relation

$$u=\sqrt{v^2\cos^2 a-2gH},$$

l'air cesserait d'être aspiré par le tuyau, si l'on avait $\frac{v^2\cos^2 a}{2g}=H$. Dans ce cas, le tuyau ferait l'office d'obturateur, en empêchant l'air extérieur de rentrer. Pour qu'il y ait aspiration, il faut que la valeur de v dépasse celle qui est donnée par cette équation. Dans le cas où H serait plus grand que $\frac{v^2\cos^2 a}{2g}$, l'air extérieur rentrerait dans la capacité où existe la dépression H.

On peut voir aussi que, pour un effet donné, le mouvement de translation devra être d'autant plus rapide que $\cos a$ aura une valeur plus petite. Il en résultera que non-seulement u sera moindre par rapport à v, ce qui contribuera à augmenter la vitesse absolue de l'air sortant, mais aussi que les deux vitesse u et v, au lieu d'être opposées, formeront entre elles un angle, et que leur résultante sera d'autant plus grande

que cet angle sera lui-même plus petit, ou que a sera plus grand.

Il convient donc de rendre l'angle a aussi petit que le permet la bonne disposition de l'appareil.

52. Parmi les divers ventilateurs à mouvement de translation, j'examinerai seulement les trois suivants :

1° La vis pneumatique de M. Motte;

2° Le ventilateur à ailes plano-coniques, que je propose d'employer;

3° Le ventilateur à ailes de moulin, dont l'idée est due à M. Lesoinne, professeur de métallurgie à l'université de Liége.

1° VIS PNEUMATIQUES.

53. *Théorie.* — Les vis pneumatiques peuvent être considérées comme formées par une suite de canaux hélicoïdes, dont l'inclinaison, sur la direction du mouvement, varie avec la distance à l'axe.

Nommons w la vitesse angulaire du mouvement de rotation, p le pas de la vis, et r un rayon quelconque; la longueur de l'hélice correspondante sera l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont $2\pi r$ serait la base et p la hauteur, égale par conséquent à $\sqrt{4\pi^2r^2+p^2}$. L'inclinaison de l'hélice sur la base, ou sur la direction du mouvement, sera donnée par la relation

$$\cos a = \frac{2\pi r}{\sqrt{4\pi^2r^2+p^2}}$$

et, comme wr est la vitesse de translation, on aura pour la vitesse relative théorique,

$$u = \sqrt{w^2r^2\cos^2 a - 2g\mathrm{H}} = \sqrt{\frac{4\pi^2w^2r^4}{4\pi^2r^2+p^2} - 2g\mathrm{H}}\ (^1).$$

(1) M. Combes, en supposant nulle l'influence de l'inclinaison des canaux, trouve pour cette vitesse, $u = \sqrt{w^2r^2 - 2g\mathrm{H}}$.

La section du canal hélicoïde, compris entre deux surfaces cylindriques consécutives, de rayons r et $r+dr$, sera égale à la surface annulaire $2\pi rdr$, multipliée par le sinus de l'angle que forment les hélices avec cette surface, soit $2\pi rdr.\ sin\ a$; ou bien, cette section est égale à la projection, sur un plan perpendiculaire à l'hélice, de la surface rectangulaire qui sépare les génératrices des deux cylindres situées sur le même rayon : soit

$$pdr.cos\ a = \frac{2\pi rdrp}{\sqrt{4\pi^2r^2+p^2}}.$$

Par conséquent l'on aura pour l'équation différentielle du volume aspiré,

$$\frac{2\pi rdr.p}{\sqrt{4\pi^2r^2+p^2}}\sqrt{\frac{4\pi^2w^2r^2}{4\pi^2r^2+p^2}-2g\mathrm{H}}.$$

Mais, dans les applications pratiques, nous pourrons, sans trop grande erreur, prendre, à l'exemple de M. Combes, au lieu d'un rayon variable, le rayon de l'hélice moyenne, et, en nommant r_0 et r_1 les rayons du noyau et de l'enveloppe, et r le rayon moyen $\frac{r_0+r_1}{2}$, on aura, pour la section du canal,

$$\frac{h(r_1-r_0)2\pi r}{\sqrt{4\pi^2r^2+p^2}}.$$

La vitesse relative u sera exprimée comme ci-dessus. Une conséquence importante de la théorie précédente, que M. Combes a développée dans le supplément au *Traité de l'aérage*, c'est que le noyau doit avoir un diamètre tel, que la vitesse imprimée à la première hélice soit au moins égale à $\sqrt{2g\mathrm{H}}$, autrement il s'établit deux courants en sens inverse,

l'un près du noyau, l'autre près de l'enveloppe. Le plus petit rayon doit donc être égal ou supérieur à celui que donne la relation

$$\sqrt{\frac{4\pi^2 w^2 r^4}{4\pi^2 r^2 + p^2}} - 2g\Pi = 0,$$

ou

$$\frac{4\pi^2 w^2 r^4}{4\pi^2 r^2 + p^2} = 2g\Pi. \ . \ . \ . (g),$$

équation du quatrième degré facile à résoudre.

Aucune des vis établies en Belgique ne satisfait à cette condition; mais le calcul des expériences faites sur ces appareils nous prouvera que l'effet d'un trop faible noyau, quoique nuisible, l'est moins que ne le ferait supposer la théorie précédente.

54. *Effet utile des vis pneumatiques actuellement en activité.* — Les vis ne se trouvant pas dans des conditions théoriques convenables, les expériences dont elles ont été l'objet, tout en nous fournissant des indications utiles, ne pourront toutefois nous donner des résultats bien positifs.

55. *Vis pneumatique du charbonnage de Sauwartan, sur Dour.* — L'appareil se compose de deux cloisons hélicoïdes, construites chacune sur un demi-pas de vis de 0^m73; le diamètre de l'axe est de 0^m046, le diamètre de la vis de 1^m40, et celui du cylindre enveloppe de 1^m406 (*Mémoire de* M. Guépin, *page* 279 du *Bulletin du Musée de l'Industrie*, année 1842).

Dans une expérience, la vis débitait $5^{m3}908$ d'air par seconde, sous un excès de pression de l'air extérieur de 16^m87 d'air, ou de 0^m0216 d'eau : le nombre de révolutions était de 450 par minute.

D'après ces données, $w = 47^m123$; les angles des hélices extrêmes avec le plan du mouvement, sont de $84°21'$ et de $18°22'$; le rayon *de partage*, ou celui où l'impulsion de la vis

fait équilibre à la pression extérieure, calculé d'après l'équation (*g*), est égal à 0^m437, correspondant à un angle d'inclinaison de l'hélice de 28°.

Si on considère comme seule efficace pour l'aspiration la partie de la vis qui est au delà de ce rayon, cette partie aura une largeur, dans le sens du rayon, de $0^m70 - 0^m437 = 0^m263$, et le rayon moyen de cette partie sera de 0^m565, correspondant à un angle d'inclinaison de l'hélice, $a = 22°,13'\ 55''$. La section de la partie utile de la vis sera égale à $p \cos a . 0^m263 = 1^m3517 . 0,263 = 0^{m2}3555$.

La vitesse théorique correspondante serait

$$u = \sqrt{w^2 r^2 \cos^2 a - 2g\Pi} = 17^m,$$

et le volume théorique, de $6^{m3}0435$.

En divisant le volume extrait par la section utile, on aurait

$$u = \frac{3,908}{0,3555} = 11^m,$$

et, en faisant abstraction de l'effet de la section nuisible, on aurait pour l'effet utile théorique (*f*),

$$E = \frac{2g\Pi}{w^2 r^2 (\cos^2 a + 1) - 2uwr \cos a} = \frac{331}{615,2.717,7 - 22.241,83} = 0,373.$$

Mais ce résultat ne représente pas l'état réel des choses, parce qu'il doit s'établir, près de l'axe, un courant d'air qui est ensuite aspiré vers la circonférence, de sorte que le volume réellement débité par la section utile de la vis nous est inconnu.

La théorie indique que toute la partie de la vis comprise dans la circonférence de 0^m437 de rayon, ne doit pas produire d'aspiration, et qu'elle doit, au contraire, laisser pénétrer

l'air extérieur dans les conduits d'appel; mais l'expérience prouve que le courant rentrant est moindre que ne l'exprime le calcul théorique.

Le rayon de l'axe étant de 0^m025, la largeur de la partie nuisible serait de $0^m437 - 0^m025 = 0^m414$, et son rayon moyen de 0^m23.

L'angle de l'hélice correspondant à ce rayon serait de 45° 17′ 34″, et la hauteur de la section, de 1^m027. La section de la partie nuisible serait donc très-approximativement de 0^m425, et l'air extérieur tendant à rentrer avec la vitesse

$$u = \sqrt{2gH - w^2 r^2 \cos^2 \alpha} = 16^m5,$$

le volume rentrant serait de $7^{m3}012$, et, comme le volume théorique aspiré est seulement de $6^{m3}04$, on voit que ces résultats sont en contradiction avec les données de l'expérience.

Il faut donc nécessairement que le mouvement imprimé à l'air, dans la section qui est au delà du rayon de partage, secondé par la pression qu'exerce, dans cette direction, la force centrifuge, ait pour effet d'entraîner une certaine quantité d'air de la partie nuisible, et de rendre ainsi le courant rentrant bien moindre que ne l'indique la théorie.

Dans l'impossibilité de déterminer à quel point s'arrête la section utile, on voit que nos calculs, fondés sur la supposition que les effets de la section nuisible théorique se neutralisent, sont entièrement hypothétiques; mais, d'un autre côté, la méthode que nous avons employée s'appliquerait facilement au cas où la vis serait disposée de manière que toute la section agît efficacement pour produire l'aspiration.

M. Glépin avait évalué l'effet utile de cette vis à 33 p. %; en répétant l'expérience avec le frein, il l'a trouvé de 24 à 26 p. %.

Nous avons trouvé pour l'effet utile théorique 37 p. %, et il est permis de supposer que, s'il n'y avait pas aspiration de l'air extérieur, cet effet utile serait supérieur à 40 p. %.

Les molécules fluides animées de la vitesse relative u sur les cloisons, et emportées, dans le mouvement de rotation, avec une vitesse wr, décrivent, dans l'espace, des hélices inclinées en sens inverse de celles des cloisons. Si la vitesse relative, le long de l'enveloppe, était égale à la vitesse théorique, l'hélice décrite par le mouvement de l'air sur cette enveloppe, ferait un angle de 45° avec le plan perpendiculaire à l'axe.

56. *Vis de Monceau-Fontaine, près de Charleroy.* — Cette vis, de 0^{m}80 de diamètre, se compose de deux cloisons hélicoïdes dont le demi-pas est égal au rayon, et qui sont fixées sur un axe en fer de 0^{m}029 de diamètre.

Des expériences ont été faites sur cet appareil par MM. Gonot et Glépin. Les premières se trouvent rapportées pages 226 et 227 du tome Ier des *Annales des travaux publics*, les secondes, page 281 du *Bulletin* de l'année 1843.

Ces expériences conduisent aux résultats suivants :

DÉTAIL.	EXPÉRIENCES. N° 1.	N° 2.
Volume aspiré	1^{m} 79	2^{m} 152
Dépression en air	5^{m}23	5^{m}04
» en eau	0,0065	0,0065
Nombre de tours par 1'	600	750
Vitesse angulaire	62^{m}85	78^{m}54
Rayon de partage	0,195	0,161

De là on déduit, par des calculs semblables à ceux du § précédent :

DÉTAIL.	EXPÉRIENCES. N° 1. SECTION UTILE.	N° 1. SECTION NUISIBLE.	N° 2. SECTION UTILE.	N° 2. SECTION NUISIBLE.
Rayon moyen.	0^m2965	0^m104	0^m2804	0^m0877
Angle (α) correspondant.	25°14′24″	50°55′35″	24°25′18″	55°34′19″
Vitesse (u) correspondante.	13^m8	8^m62	17^m41	9^m14
Largeur ($r_1 - r_0$) de la section	0,207	0,178	0,239	0,1464
Hauteur ($p \cos \alpha$).	0,7531	0,6505	0,7285	0,4538
Surface	$0^{m2}1522$	$0^{m2}1157$	$0^{m2}1741$	$0^{m2}0664$
Volume théorique. . . .	$2^{m3}10$	$1^{m3}09$	$3^{m3}033$	$0^{m3}607$

Dans les expériences de M. Gonot, le volume extrait est de $1^{m3}79$, tandis que le volume théorique serait seulement de $2^{m3}10 - 1^{m3} = 1^{m3}10$, ce qui nous fait voir qu'il se produit ici un phénomène analogue à celui de l'exemple précédent.

Si on supposait que l'effet de la section nuisible fût nul, la vitesse relative, dans la section utile, serait de $\frac{1,79}{0,152} = 11^m77$, et l'on aurait, pour l'effet utile théorique calculé d'après l'équation (f),

$$E = \frac{102,21}{293,02 + 347,3 - 2.11,77 \times 17,12} = 0,43.$$

M. Gonot évalue l'effet utile pratique à 0,29, ce qui, vu la

grande vitesse de la machine et le faible travail produit, suppose un effet utile théorique encore supérieur au précédent.

Dans les expériences de M. Clépin, le volume aspiré est de $2^{m3}152$, et le volume théorique de $3^{m3}033 - 0^{m3}607 = 2^{m3}426$. On voit qu'ici les résultats de l'observation se rapprochent davantage de ceux de la théorie, ce que l'on doit attribuer à la faible section de la partie nuisible.

Si on admet, comme précédemment, que l'effet de la section nuisible soit nul, on aura, pour la vitesse relative,

$$u = \frac{2,152}{0,174} = 12^{m}36,$$

et, pour l'effet utile théorique,

$$E = 0,25.$$

Si l'on suppose, d'un autre côté, que la section utile doive extraire, outre le volume donné par l'expérience, une quantité égale à $0^{m3}607$, qui rentre par la section nuisible, alors on aura, pour la vitesse relative, $u = 15^{m}85$, et, pour l'effet utile théorique de la section efficace, 0,39.

L'expérience donne pour l'effet utile pratique 24 à 25 p.°/₀.

57. *Vis du charbonnage de Trieukaisin.* — Le diamètre de la vis est de 3^{m}, le pas de $1^{m}40$, et je suppose le diamètre de l'axe de $0^{m}08$.

Dans une expérience rapportée page 303 du *Bulletin* de 1843, la vis, faisant 189 tours par minute, aspirait un volume de $6^{m3}458$, en produisant une dépression de $0^{m}021$ d'eau, ou de $17^{m}846$ d'air, à la température et sous la pression de l'expérience.

De ces données on déduit : vitesse angulaire $19^{m}79$, rayon de partage 1^{m}.

DÉTAIL.	SECTION UTILE.	SECTION NUISIBLE.
Rayon moyen.	1^m25	0^m32
Angle (a) correspondant. .	10°6′25″	25°11′43″
Vitesse (u) correspondante.	15^m58	16^m10
Largeur de la section. . . .	0,50	0,96
Hauteur ($p \cos a$).	1,378	1,286
Surface.	$0^{m2}689$	$1^{m2}234$
Volume théorique.	$10^{m3}90$	$19^{m3}74$

On voit qu'ici les résultats du calcul sont en opposition manifeste avec ceux de l'expérience, et que l'air est entraîné avec plus de force que ne le ferait supposer la théorie. Si nous appliquons à ce cas le mode de calcul déjà employé, nous aurons, pour la vitesse relative, $u = 9^m37$, et, pour l'effet utile théorique,

$$E = 0,457.$$

l'effet utile pratique a été trouvé de 23 p. %.

Les données des expériences que nous avons soumises au calcul étant insuffisantes pour permettre de comparer exactement les résultats théoriques obtenus, avec ceux des appareils à force centrifuge, nous devons nous borner à l'appréciation des résultats pratiques.

Dans le ventilateur ordinaire à force centrifuge, dont l'emploi est plus avantageux que celui du ventilateur Combes, l'effet utile est d'environ 20 p. %, tandis que, dans la vis, cet effet varie de 23 à 30 p. %.

Nul doute, d'ailleurs, que, par une disposition plus convenable, on ne puisse obtenir des résultats plus favorables encore.

58. *Avantages de la vis pneumatique comparée aux ventilateurs à force centrifuge.* — J'attribue, en partie, la supériorité de la vis sur les ventilateurs à force centrifuge, aux divers de-

grés de vitesse des canaux mobiles qui, dans ces machines, doivent exercer une heureuse influence.

Dans les ventilateurs, la vitesse de l'origine des canaux mobiles est la même pour tous; lorsque cette vitesse est celle qui correspond au *maximum* d'effet utile, les résultats doivent être bien plus avantageux que lorsque cette condition ne se réalise pas. Mais, outre que toutes les circonstances du mouvement de l'air sont trop peu connues pour que les appareils puissent être installés dans cette prévision, les exigences de la ventilation, par suite de la température, du travail dans la mine, etc., sont si variables, qu'un ventilateur, fût-il même établi momentanément dans les conditions convenables, ne pourrait y être maintenu longtemps. D'ailleurs, dans les circonstances même les plus favorables, l'air est toujours frappé violemment par les ailes, ce qui donne lieu à des perturbations très-nuisibles, et, dans tous les cas, la vitesse absolue de l'air sortant est très-considérable.

Dans les ventilateurs à mouvement circulaire de translation, les degrés de vitesse de l'origine des canaux sont très-variés, et il s'en trouve probablement toujours quelques-uns qui correspondent au *maximum* d'effet utile; il doit en résulter que le mouvement de l'air, placé dans ces conditions, exerce sur les particules fluides plus éloignées ou plus rapprochées de l'axe, une espèce de traction qui contribue à les entraîner dans les canaux.

La différence que nous avons observée entre les résultats de l'expérience et ceux de la théorie, quant à l'influence de la section nuisible, me porterait aussi à croire qu'une partie assez notable de l'air aspiré s'engage entre les cloisons moins éloignées de l'axe que le rayon de partage, et que cet air est ensuite entraîné, par l'effet du mouvement de rotation, dans la section utile, les fluides ne pouvant pénétrer directement dans les canaux éloignés de l'axe avec autant de facilité, ni les remplir entièrement, à cause de la grande vitesse de l'origine de ces canaux.

L'effet de la vis serait ainsi dû à un mouvement de translation combiné avec l'action de la force centrifuge.

59. *Défectuosités de la vis.* — Tout en reconnaissant à la vis une supériorité sur les ventilateurs à force centrifuge, je ne pense pas que cette forme soit la plus convenable et la plus rationnelle pour les appareils à mouvement de translation. Les hélices successives, qui composent la cloison de la vis, forment, près de l'axe, un angle presque droit avec la direction du mouvement, tandis que cet angle va en diminuant en s'approchant du contour extérieur. Ainsi, pour la vis de Trieukaisin, l'inclinaison de l'hélice extrême est seulement de 8°27′.

Cette disposition me paraît présenter plusieurs inconvénients:

1° La vitesse relative étant donnée par la relation

$$\sqrt{w^2r^2\cos^2\alpha - 2g\Pi},$$

cette vitesse diminue lorsqu'on s'approche de l'axe, non seulement parce que le rayon est moindre, mais aussi parce que l'angle α augmente : ces deux causes se réunissent donc pour favoriser la rentrée de l'air extérieur dans la section qui avoisine l'axe;

2° L'inclinaison des hélices, sur la direction du mouvement, étant très-considérable jusqu'à une certaine distance de l'axe, la vitesse absolue de l'air sortant est augmentée par cette circonstance;

3° Lorsque la vis doit avoir un grand diamètre, l'inclinaison des hélices extrêmes peut devenir trop faible;

4° Enfin il est fort difficile d'exécuter en tôle des surfaces gauches, cette matière ne se prêtant convenablement qu'à former des surfaces développables.

Aucun de ces inconvénients ne se retrouve dans les ventilateurs à ailes plano-coniques.

2°. — VENTILATEUR A AILES PLANO-CONIQUES.

60. Ce ventilateur a quelque ressemblance avec les petits appareils que l'on emploie dans les cabarets. Il se compose d'un certain nombre d'ailes planes, terminées par des por-

tions peu étendues de surfaces coniques, propres à diriger l'air sortant en sens inverse du mouvement de rotation. L'enveloppe est cylindrique, comme dans la vis ; mais le noyau est formé d'un tronc de cône, dont le sommet se trouve du côté de l'entrée de l'air, c'est-à-dire que la section des canaux va en diminuant à partir de l'origine.

Pour simplifier la théorie, considérons d'abord un ventilateur à ailes planes, contenues entre deux surfaces cylindriques ; pour en faire un ventilateur plano-conique, il suffira de courber un peu l'extrémité des ailes et d'évider un peu le noyau à la partie inférieure; l'on pourra d'ailleurs, sans inconvénient, admettre pour le second les résultats théoriques applicables au premier.

Le ventilateur à ailes planes diffère de la vis, en ce que, dans ce ventilateur, les ailes sont formées d'une suite d'hélices, toutes de même inclinaison et de pas différent, tandis que, dans la vis, le pas reste constant et l'inclinaison varie. Les ailes doivent être construites de manière que l'extrémité de l'une et l'origine de la suivante soient dans le même plan passant par l'axe. Elles affectent ainsi la forme d'un trapèze curviligne.

Il résulte de cette disposition que la couronne comprise entre les deux surfaces cylindriques, est égale à la projection de la surface des ailes sur un plan perpendiculaire à l'axe. Si on désigne par a l'angle d'inclinaison des ailes, le pas p d'une hélice quelconque correspondant au rayon r, sera donné par la relation $p = 2\pi r \, tang \, a$.

En substituant à r la valeur du rayon de l'enveloppe, on aura la hauteur de cette enveloppe pour un ventilateur composé d'une seule aile ; pour deux ailes, cette hauteur pourra être réduite de moitié, et ainsi de suite ; de sorte que, si n désigne le nombre d'ailes, la hauteur du ventilateur, à une distance r de l'axe, sera égale à

$$\frac{2\pi r \, tang \, a}{n}.$$

L'étendue des canaux étant aussi proportionnelle au rayon, sera bien moindre que dans la vis, lorsqu'on s'approchera de l'axe. Ainsi, dans la vis de Sauwartan, l'inclinaison de la première hélice est de 84°21′, et sa longueur développée est de 1ᵐ467 ; dans un ventilateur où l'angle constant d'inclinaison serait de 18°22′, celui de l'hélice extrême de la vis, cette longueur serait réduite à 0ᵐ153.

On voit donc que le mouvement de l'air, près de l'axe, est favorisé non-seulement par l'effet d'une inclinaison moins grande, mais aussi parce que l'espace à parcourir est moins étendu ; pour les parties éloignées de l'axe, on peut conserver l'inclinaison jugée la plus favorable.

61. *Théorie du ventilateur plano-conique.* — Appelons comme précédemment :

w la vitesse angulaire du ventilateur ;

r_0 et r_1 les rayons du noyau et de l'enveloppe ;

H la hauteur de la colonne d'air qui mesure l'excès de la pression extérieure sur la pression intérieure ;

a l'angle d'inclinaison des ailes.

La section totale des canaux sera égale à la surface de la couronne comprise entre les deux cylindres, projetée sur un plan faisant avec cette surface un angle de $90°-a$, ou égale à

$$\pi(r_1^2-r_0^2)\sin a. \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Nous aurons, d'un autre côté, pour la vitesse théorique à une distance r de l'axe,

$$u=\sqrt{w^2r^2\cos^2 a-2g\mathrm{H}}.$$

(1) On a, pour l'élément de la section, l'expression $2\pi r dr \sin a$, et pour la section entière, $\int_{r_0}^{r_1} 2\pi r dr \sin a = \pi \sin a \left(r_1^2-r_0^2\right)$

et, comme l'élément de la section est égal à

$$2\pi r dr \sin a,$$

le volume théorique extrait sera donné par l'intégrale

$$\int_{r_0}^{r_1} 2\pi r dr \sin a \sqrt{w^2 r^2 \cos^2 a - 2gH}.$$

En la résolvant, et posant $w\cos a = w'$, on obtient

$$V = \frac{2\pi \sin a}{3w'^2}\left\{(w'^2 r_1^2 - 2gH)^{\frac{3}{2}} - (w'^2 r_0^2 - 2gH)^{\frac{3}{2}}\right\} \ldots (m).$$

L'expérience seule peut prononcer sur l'inclinaison la plus favorable à donner aux cloisons, et sur le nombre d'ailes qu'il convient d'adopter. Je me propose, à cet effet, de faire construire un ventilateur de ce système, et de le placer dans des conditions assez variées pour obtenir, sur ces problèmes et sur l'efficacité de l'appareil, les notions pratiques indispensables.

Théoriquement, en augmentant le nombre d'ailes, on diminue les résistances dues au frottement. La surface totale des ailes est constante, quel que soit leur nombre, et toujours égale à $\frac{\pi(r_1^2 - r_0^2)}{\cos a}$; les ailes sont en contact avec l'air sur chacune de leurs faces, ce qui donne, pour la surface invariable de contact, deux fois cette quantité; mais la hauteur du noyau et du cylindre enveloppe est en raison inverse du nombre d'ailes, par conséquent l'étendue du parcours de l'air contre ces parties, et, par suite, le frottement qui en résulte, suivront la même proportion.

Supposons que l'on ait construit un ventilateur composé de 6 ailes inclinées de 10°, et que, sous un excès de pression de 30^m5 d'air, ou de 0^m04 d'eau, il fasse 600 tours par minute; nous aurons pour la vitesse angulaire $w = 62^m83$, et pour la

vitesse angulaire suivant l'inclinaison, $w\cos a = w' = 61^{m}887$. Si la partie supérieure du noyau a $0^{m}40$ de rayon, on aura, à cette distance, pour la vitesse relative, $u = \sqrt{w'^{2}r_{0}^{2} - 2g\mathrm{H}} = \sqrt{14{,}26}$, qui indique que ce rayon est plus que suffisant pour empêcher la rentrée de l'air. Si l'on suppose le rayon de l'enveloppe de $0^{m}80$, on trouvera, pour le volume théorique aspiré, d'après la formule (m),

$$\mathrm{V} = 7^{m^{3}}565.$$

Si on suppose que le rayon croisse de $0^{m}10$ en $0^{m}10$, on aura pour le volume débité par chaque section partielle :

Section comprise entre	$0^{m}40$ et $0^{m}50$ de rayon . . .	$0^{m^{3}}640$
»	» $0^{m}50$ et $0^{m}60$.	1, 423
»	» $0^{m}60$ et $0^{m}70$.	2, 274
»	» $0^{m}70$ et $0^{m}80$.	3, 228
	Total.	$7^{m^{3}}565$

En divisant le volume par la section totale, on a la vitesse moyenne théorique. On aura la vitesse moyenne pratique, en divisant par cette même section le volume réellement aspiré. On pourra admettre, avec une exactitude suffisante, que la différence de ces deux vitesses est due aux résistances que l'air éprouve dans son mouvement, et, si on représente la première par v et la seconde par u, on aura pour l'expression de ces résistances,

$$h' = \frac{v^{2} - u^{2}}{2g}.$$

Appelons x le rayon auquel correspond la vitesse théorique v, on aura la relation,

$$v^{2} = w'^{2}x^{2} - 2g\mathrm{H}.$$

On pourra, je pense, admettre, avec une approximation

suffisante, que la vitesse absolue moyenne de l'air sortant est égale à $wx-u$, correspondant à une hauteur

$$h''=\frac{(wx-u)^2}{2g},$$

et comme, d'après la relation précédente, $w^2x^2=\frac{v^2+2gH}{\cos^2 a}$, on aura

$$h''=\frac{v^2+2gH}{\cos^2 a.2g}+\frac{u^2}{2g}-\frac{2u\sqrt{v^2+2gH}}{2g\cos a},$$

et, pour l'expression de l'effet utile,

$$E=\frac{H}{H+h'+h''}=$$

$$\frac{2gH\cos^2 a}{(1+\cos^2 a)(v^2+2gH)-2u\cos a\sqrt{v^2+2gH}} \quad \ldots\ldots (n).$$

On voit que, à l'aide de cette formule, on pourra calculer très-approximativement l'effet utile théorique, lorsqu'on aura déterminé v et u comme nous venons de l'indiquer.

62. La forme conique, que nous proposons de donner au noyau du ventilateur, a pour objet de favoriser l'introduction de l'air aspiré dans les canaux : les parties rapprochées de l'axe étant animées d'une moindre vitesse, l'air peut y pénétrer plus facilement, et, par l'effet du mouvement de rotation, il est entraîné vers les orifices de sortie, avec les particules fluides qui sont entrées dans les canaux à une plus grande distance de l'axe. D'un autre côté, en donnant à la base extérieure du noyau un diamètre suffisant, on évite l'établissement de doubles courants dans l'intérieur de l'appareil.

En courbant l'extrémité des ailes suivant une portion

surface conique, non-seulement on oppose la vitesse relative de sortie au mouvement de rotation, mais, par le léger rétrécissement que cette forme occasionne, on rend la vitesse dans l'orifice un peu plus grande que la vitesse relative dans les canaux.

Pour empêcher le mouvement giratoire des fluides aspirés dans le conduit d'appel, il serait convenable, je pense, d'établir en avant du ventilateur, à l'exemple de M. Lesoinne, une cloison formée de deux plans de 0^m10 à 0^m20 de hauteur, rectangulaires entre eux et passant par l'axe. Les circonstances du mouvement de l'air sont trop variables et trop peu connues, pour que l'on puisse soumettre au calcul la forme qu'il faudrait donner aux cloisons pour que l'air pénétrât sans choc dans les canaux mobiles de l'appareil ; mais on devrait laisser un certain intervalle entre l'origine de ces canaux et la tranche des cloisons, pour éviter les violentes compressions qui pourraient avoir lieu par le mouvement rapide de l'une des parties, si cet intervalle était trop faible (1).

3° — VENTILATEUR A AILES DE MOULIN A VENT.

63. Ce ventilateur, quoique peu connu, date cependant déjà de 1837 : il est par conséquent antérieur à tous ceux que nous avons examinés, et me paraît offrir plus de conditions de succès.

M. Lesoinne a été guidé dans sa construction par cette idée, que la forme la plus rationnelle pour un récepteur de la force du vent, serait aussi la plus convenable pour un appareil d'aspiration.

(1) Un ventilateur à mouvement de translation et à ailes planes, se trouve établi près de Charleroy : dans une expérience faite par M. Glépin, il utilisait seulement 5 p. % du travail moteur; mais il est tellement en dehors des conditions rationnelles d'un bon appareil de ventilation, que ce résultat ne doit pas étonner.

M. Combes a renversé la turbine pour en faire un ventilateur à ailes courbes : M. Lesoinne a adopté pour son appareil la forme indiquée par Smeaton pour les ailes des moulins à vent. Il a, en outre, placé, dans le canal d'aspiration, un diaphragme pour empêcher le mouvement giratoire de l'air.

Le ventilateur à ailes de moulin est maintenant fréquemment employé pour aérer des parties de mines peu étendues, comme des tailles ou des galeries isolées, où il faut momentanément activer la ventilation. Dans ces circonstances, il paraît avoir donné des résultats très-satisfaisants ; mais les dépressions nécessaires étaient toujours très-faibles, et, comme il n'a jamais servi à l'aérage d'une grande mine, il n'a fait l'objet d'aucune expérience rigoureuse.

Les ventilateurs qui ont été construits ont de six à dix ailes; les diamètres du noyau et de l'enveloppe sont respectivement de 0^m10 à 0^m15, et de 0^m85 à 0^m90.

Les ailes sont construites en tôle, et ont à peu près l'inclinaison que Smeaton a reconnue la plus favorable pour les moulins à vent, ou environ 18° à 19° près du noyau, et 7° à 8° près de l'enveloppe.

L'inclinaison va en augmentant, à mesure qu'on se rapproche de l'axe, comme dans la vis, mais dans une proportion beaucoup moindre. Il en résulte que, si les inductions que j'ai tirées des faits observés sont sanctionnées par l'expérience, le ventilateur à ailes de moulin est intermédiaire, pour les avantages et les inconvénients, entre la vis pneumatique et le ventilateur plano-conique ; il diffère cependant beaucoup moins de ce dernier que de la vis, et il doit donner des résultats plus favorables que tous les ventilateurs qui ont été jusqu'ici mis en usage.

Je me propose, d'ailleurs, de soumettre cet appareil à des expériences comparatives, de nature à fournir les indications pratiques nécessaires.

CONCLUSIONS.

64. D'après l'ensemble des considérations que j'ai développées, lorsqu'il faut extraire de grands volumes d'air, sous un excès de pression marqué par une colonne d'eau supérieure à 0m01 ou 0m015, on peut ranger les machines d'aérage dans l'ordre suivant :

1° Machine à cloches plongeantes (M. Devaux);

2° Machine à pistons ;

3° Ventilateur à ailes plano-coniques ;

4° Ventilateur à ailes de moulin (M. Lesoinne) ;

5° Vis pneumatique (M. Motte);

6° Ventilateur à force centrifuge et à ailes planes (M. Letoret);

7° Ventilateur à force centrifuge et à ailes courbes (M. Combes).

Je crois avoir établi d'une manière incontestable la supériorité des machines à soupapes bien construites, et principalement des machines à cloches, sur toutes les autres, pour l'aérage des grandes mines, dans les circonstances ordinaires où l'on est forcé d'avoir recours à des moteurs, c'est-à-dire, lorsque l'appel de l'air nécessite une grande hauteur motrice.

Lorsqu'il ne s'agit que d'aérer des parties de mines restreintes, des lieux habités, etc., et que, par suite, la dépression à produire est peu considérable, ou lorsqu'on est gêné par l'espace dont on peut disposer pour établir la machine, on doit employer les ventilateurs de préférence aux machines à soupapes.

Les ventilateurs sur lesquels nous possédons des indications pratiques, seraient, d'après ce qui précède, rangés dans l'ordre suivant :

1° Vis pneumatique ;

2° Ventilateur à force centrifuge et à ailes planes ;

3° Ventilateur à ailes courbes.

Mais les considérations que j'ai exposées sont de nature, je pense, à rendre fort probable le succès des ventilateurs à ailes plano-coniques et à ailes de moulin, et à faire adopter l'ordre où j'ai rangé ces divers appareils comme celui des avantages relatifs qu'ils présentent.

Juillet, 1844.

LÉGENDE EXPLICATIVE DES PLANCHES VIII ET IX.

Planche 8.

ÉLÉVATION DE LA MACHINE A PISTON DE L'ESPÉRANCE.

A Cylindre à vapeur.

BB Boîte de distribution de la vapeur; le tiroir est mis en mouvement par l'action des taquets *bb*, de la tige **F**, sur le levier **E**.

C Tige du piston, liée au parallélogramme au moyen d'une fourchette qui embrasse la traverse de l'extrémité du balancier.

DD Pierres sur lesquelles se trouve assis le cylindre à vapeur.

F Tige dont une extrémité est fixée à l'un des côtés du parallélogramme, et dont l'autre glisse dans un cylindre fixe. Elle imprime le mouvement aux tiroirs de la machine.

G Axe du balancier.

HH Tiges des pistons de l'appareil de ventilation.

LL Cuves de la machine.

MM Conduits qui amènent l'air de la mine sous les cuves.

N Pistons des cuves, dont le pourtour est garni d'un boyau en cuir, bourré de crins.

O Tuyau amenant la vapeur de la chaudière au cylindre.

a Levier servant à manœuvrer la soupape d'admission.

cc Traverses du balancier destinées à éviter le choc des pistons contre le fond des cuves.

d Pompes d'alimentation.

e Tuyau d'alimentation.

Planche 9.

Fig. 1. ÉLÉVATION DE LA MACHINE A CLOCHES PLONGEANTES DE LA MINE DE MARIHAYE, A SERAING, AVEC LA COUPE DE L'UNE DES CLOCHES.

A Cylindre à vapeur.

B Boîte de distribution de la vapeur. Le tiroir est mu par un levier qui, à chaque extrémité de la course du piston, est poussé par des taquets fixés à une barre **B'**, attachée aux guides du piston.

C Cloches en tôle, plongeant dans l'eau de l'espace annulaire des cuves.

D Tuyau qui amène la vapeur du cylindre au réservoir **R**.

H Petit balancier auquel sont fixées les pompes à eau froide et d'alimentation **P** et **P'**.

Fig. 2. Plan d'une cloche.

Fig. 3 et 4. Disposition à donner aux contre-poids qui servent à équilibrer les clapets.

Fig. 5. Effet de la force centrifuge sur un liquide contenu dans un vase.

Fig. 6. Disposition adoptée par M. Letoret pour l'établissement des ventilateurs à force centrifuge.

HH Canaux qui mettent en communication le puits d'aérage avec le ventilateur.

O Diaphragme lenticulaire, destiné à empêcher la rencontre des courants qui arrivent par les ouvertures **I**, **I**.

aa Ailes du ventilateur formées de plaques en tôle, fixées sur les montants *hh*, qui sont articulés aux extrémités des bras du ventilateur et fixés dans une position plus ou moins inclinée par des demi-cercles.

MÈCHES DE SURETÉ.

L'emploi de la poudre dans les mines, les carrières et les travaux de déblai, pour faire éclater les roches dures, donne lieu, chaque année, à de nombreux accidents.

Depuis longtemps on cherchait vainement un remède à ces maux, lorsqu'une découverte faite dans le Cornouailles vint imprimer aux essais une direction positive.

Nous voulons parler des mèches ou fusées de sûreté (*Safety fuze*) de la fabrique de MM. Bickford, Smith et Davey, à Camborne (Cornouailles). L'effet de ces mèches est de donner au mineur le temps de se retirer et de se mettre à l'abri. Elles règlent et assurent l'inflammation de la poudre, et, en réduisant la lumière à une très-faible section, comparativement au trou qui résultait de l'usage de l'épinglette, elles rendent en même temps l'explosion plus concentrée et plus efficace, et contribuent ainsi notablement à l'économie de la poudre.

Sans ranger cette invention au nombre des découvertes les plus utiles du siècle, il est vrai de dire que l'on doit à l'emploi de ces mèches la vie d'un grand nombre d'ouvriers. Les documents statistiques publiés en Angleterre en fournissent la preuve.

Dès le mois d'avril 1842, le ministère des travaux publics fit revenir quelques barils de ces mèches, de la fabrique de MM. Bickford, Smith et Ce. Peu de mois après, M. George Smith, l'un des co-associés, vint lui-même se mettre en rap-

port avec nous. Le bas prix auquel l'on pouvait livrer ces espèces d'étoupilles, en Angleterre, n'empêcha pas le département des travaux publics d'ordonner quelques essais de fabrication; ces essais eurent lieu à l'école de pyrotechnie de Liége, par les soins de M. le professeur Chandelon. Les rouleaux de 24 pieds anglais (7m30) des mèches ordinaires ne reviennent qu'à 73 centimes; il fut reconnu qu'il serait difficile de les fabriquer à plus bas prix en Belgique.

Les mèches sont de trois espèces : *mèches ordinaires* pour les endroits secs; mèches pour les endroits humides, et enfin pour le travail sous l'eau. Ces amorces brûlent plus ou moins lentement, selon les ingrédients qui entrent dans leur composition ou le degré de compression qu'elles éprouvent. En moyenne, l'on brûle un mètre environ de mèche en une minute: c'est au mineur à régler la longueur de cette fusée selon le temps qui lui est nécessaire pour se retirer en lieu de sûreté.

Les inventeurs anglais ont établi une fabrique de ces mèches à Rouen (1). Leur usage commence à se répandre en France. M. l'ingénieur en chef Combes en parla avec éloge, dès 1836, dans un article inséré dans la sixième livraison du tome X des *Annales des mines* (2). Depuis, il en a recommandé l'usage dans son *Traité d'exploitation*. La 4e livraison des *Annales des mines* de 1843, contient aussi une notice sur l'emploi des fusées de sûreté, par M. l'ingénieur Le Chatelier.

Les premiers essais qui furent ordonnés par le département des travaux publics eurent lieu en 1842, dans les travaux du chemin de fer de la Vesdre, alors en construction. Le rapport de M. l'ingénieur Petitjean, qui dirigeait les travaux de cette ligne, fut entièrement favorable. L'on fit en même temps des expériences dans les mines de la province de Liége, et il fut reconnu que l'usage des mèches de sûreté ne pouvait y être d'une application aussi générale.

(1) Leur mandataire est M. Trestrail, rue des Trois-Amis, à Rouen.
(2) Le brevet de l'inventeur, M. William Bickford, est du 6 septembre 1831.

L'on trouvera ci-après : 1° Le rapport de M. l'ingénieur Petitjean, en date 10 décembre 1842; 2° Quelques considérations sur la fabrication des mèches de sûreté et sur leur emploi dans les exploitations de mines, par M. Devaux (24 février 1843); 3° Un rapport subséquent du même (28 décembre 1843); 4° Le rapport de la commission pour l'examen des procédés nouveaux, du 25 août 1844; 5° Enfin, comme annexe à ce rapport, une notice résumée sur les avantages des mèches de sûreté et des tampons de bourrage, et sur la manière de s'en servir, écrite par M. l'ingénieur Prisse, membre de la commission des procédés nouveaux, et que cette commission a approuvée.

Les pièces indiquées ci-dessus, et en particulier la notice qui en forme le résumé, contribueront beaucoup à étendre l'usage de ce mode d'opérer, qui se recommande par la simplicité, l'économie et la sûreté.

M. le ministre des finances, consulté sur les droits à l'entrée des mèches de sûreté, a décidé que, d'après leur nature et leur destination, elles n'appartenaient point à la classe des pièces d'artifice; elles sont soumises à un droit de 10 p. % à la valeur.

I.

Rapport de M. l'ingénieur **PETITJEAN**, chef de service des travaux du chemin de fer de la Vesdre, du 10 décembre 1842.

Les premiers essais faits, sur différents points des travaux du chemin de fer de la Vesdre, des fusées de sûreté et des tampons de bois en usage en Angleterre, avaient donné des résultats plus ou moins contradictoires.

Les effets obtenus par l'emploi des fusées et tampons avaient

varié en raison de la manière, plus ou moins intelligente, dont on avait opéré dans les essais; une erreur dans la traduction de la notice anglaise, relative à l'emploi des tampons, n'avait pas été étrangère aux difficultés et aux déceptions qu'on a d'abord rencontrées.

Quoique les notices anglaises enseignent la manière de se servir des mèches et tampons, je crois cependant convenable de décrire ici les différents essais auxquels on s'est livré pour constater l'efficacité de cette invention.

On aurait pu croire, en lisant ces notices, que l'usage du tampon était indépendant de l'emploi des mèches; des essais faits dans ce sens, avaient même produit des effets étonnants; mais on n'a pas tardé à reconnaître que le tampon devait être le complément obligé des fusées de sûreté, si l'on voulait obtenir l'économie de temps, la sécurité et l'efficacité, qui constituent les avantages de la nouvelle méthode.

Voici, selon moi, le meilleur mode à suivre pour l'emploi des mèches et tampons dans le chargement des mines.

Lorsque le trou est fait et bien nettoyé, on y introduit la fusée, dont le fil extérieur a été déroulé à un pouce de hauteur environ, vers le bout qui doit rencontrer la poudre dans le fond de la mine; on y laisse ensuite couler la poudre, suivant la quantité que semble réclamer la densité des roches et la profondeur du fourneau.

On peut aussi se servir d'une cartouche, dans laquelle plonge la fusée attachée au col de la cartouche; ce moyen est même de rigueur dans les mines horizontales ou verticales, afin de pouvoir pousser la cartouche et la diriger dans le fond du fourneau.

La mèche doit être tenue tendue le long d'une des parois de la mine, et dépasser le niveau du sol d'environ 10 centimètres.

Sur la charge de poudre, on laisse tomber, selon la profondeur de la mine, 15 à 20 centimètres de sable ou brisures fines provenant du forage de la mine, ou toutes autres matières pulvérisées sèches, que l'on tasse sur la poudre au moyen

d'un bourroir en bois. Le coin auquel on a pratiqué une rainure, que doit rencontrer la corde, est ensuite introduit par le gros bout et poussé dans la mine jusqu'au sable ou gravier; puis on place l'autre partie du tampon, dont les ailes, au moyen de la rainure qui lui fait suivre la direction de la mèche, vont rencontrer la partie tranchante du coin enserré dans la pince, laquelle doit être chassée avec vigueur pour former complet engrenage.

Le vide qui reste encore pour atteindre le niveau du sol, est enfin rempli de sable, gravier ou argile, afin de boucher hermétiquement tout passage à l'air.

On peut alors, au moyen d'une lumière quelconque, mettre le feu à la mèche, qui le conduit à la charge avec une rapidité calculée sur la longueur même de la mèche.

L'effet comparatif, entre l'ancien mode et celui qui nous occupe, est frappant dans toutes ses particularités.

L'explosion est plus sourde, plus profonde, et l'effet utile, qui se résume en cube obtenu, est plus considérable. Le travail de la mine, au lieu de se produire par des éclats et fragments de rocher lancés dans l'espace, n'est plus qu'un déchirement intérieur du rocher, dû, sans doute, à la pression du tampon à son passage contre les parois de la mine.

Cet effet est parfois si bizarre, qu'il faut, le plus souvent, l'effort de la pince pour enlever la partie supérieure du rocher qui paraît n'avoir pas souffert, mais dont les écartèlements intérieurs et très-profonds sont cependant extraordinaires.

Voici le résumé des avantages que j'ai été à même de constater dans le nouveau mode comparé à l'ancienne méthode de charger les mines.

1° *Économie de temps considérable dans le chargement.* — Deux mines de 0^{m}50 de profondeur ont été chargées simultanément, d'après le nouveau et l'ancien mode; la charge de la première a été effectuée en moins de deux minutes, tandis qu'il a fallu pour l'autre de 10 à 15 minutes.

La proportion qui, dans l'ancien usage, est déterminée par

la profondeur et par la position de la mine, reste la même dans la nouvelle méthode.

On pourrait, par ce dernier moyen, charger des mines de cinq mètres, qu'elles fussent horizontales ou verticales, en moins de 5 minutes, tandis qu'il faudrait dix fois autant de temps dans le système actuellement suivi.

2° *Économie de matières, ustensiles et main-d'œuvre employés au chargement.* — Par l'emploi des fusées de sûreté, l'usage dangereux de l'épinglette disparaît, et le terrain est à jamais déblayé de l'attirail coûteux et non moins dangereux des amorces en paille, de l'amadou, du papier gris, du papier enduit de suif, de mèches goudronnées, etc., dont la préparation exigeait plusieurs ouvriers spéciaux, et des ustensiles de toute espèce.

Le personnel et le matériel, employés au chargement d'après le système nouveau, se réduisent à un ouvrier dont tout le soin consiste à introduire dans la mine la poudre, la fusée et le tampon, de la manière décrite plus haut; et, si le prix des deux derniers objets est bien celui renseigné aux programmes anglais, on ne peut se refuser d'admettre que, de ce côté encore, il y a avantage évident.

3° *Avantage dans le cube obtenu.* — Deux mines de même profondeur (1^{m}25), chargées, l'une suivant l'ancien, et l'autre d'après le nouveau système, mais avec la même quantité de poudre ($\frac{1}{2}$ kil.), et dans une pierre de même densité, ont donné pour résultat un cube de déblai d'un tiers plus fort en faveur du nouveau système.

Ce résultat différentiel, qui a suivi la même proportion dans toutes les expériences analogues, est dû nécessairement, comme je l'ai dit, aux efforts de la charge comprimée par le tampon et dont le travail reste entier en se concentrant dans la profondeur de la mine, tandis que l'épinglette, en laissant une lumière par où l'air s'échappe, paralyse en partie l'effet de la mine et ne produit le plus souvent d'autre effet que celui appelé *pétard*.

4° *Certitude dans les effets, sécurité complète.* — La fusée de sûreté, dont l'enveloppe très-dure est imperméable, résiste pendant un certain temps à toute influence de l'air et de l'humidité ; l'intérieur est formé d'une traînée de poudre fulminante, communiquant depuis la partie supérieure jusqu'à la charge.

Cette contexture, très-ingénieuse, conduit le feu avec une certitude que rien ne peut altérer.

Je dois dire ici que j'ai eu l'occasion de constater que, bien que désignée comme devant être employée seulement dans les endroits secs, cette mèche peut, à la rigueur, aussi servir dans les lieux humides, puisque après une heure d'immersion, elle a communiqué le feu avec autant de facilité qu'à l'air.

Indépendamment de cet avantage, elle présente celui, plus important encore, de prévenir toute explosion prématurée ou intempestive, si fatale aux ouvriers, puisque sa vitesse de combustion répondant à 0^m65 ou 0^m75 par minute, le mineur chargé de mettre le feu à la mine peut calculer, avec une précision mathématique, réglée sur la longueur de la mèche, le temps qu'il a pour se mettre en sûreté.

La fusée ne manque jamais et ne peut manquer. Cette certitude d'explosion, dans un temps parfaitement calculé, fait disparaître les causes de danger les plus fertiles en accidents.

Il arrive trop souvent que, parmi plusieurs mines chargées et amorcées de façon à produire une explosion, sinon simultanée, tout au moins rapidement successive, l'explosion d'une et parfois de deux de ces mines, se trouve ou retardée ou paralysée, parce que les éclats des mines voisines les ont recouvertes, ou pour toute autre cause : alors, soit par imprudence, par impatience ou calcul d'intérêt, le mineur fatigué d'attendre, s'approche et débarrasse la mine, qui, presque toujours, fait explosion aussitôt, parce que l'amadou qui n'a cessé de brûler, mais dont la combustion a été jusque-là comprimée, atteint rapidement son développement par son contact avec l'air.

Les accidents déplorables, que cette circonstance renouvelle si fréquemment, ne sont plus possibles, parce que, si l'effet de la mèche pouvait faillir, il n'y aurait plus le moindre danger à s'approcher de la mine, aussitôt qu'a cessé la fumée que projette la fusée pendant sa combustion.

Le mineur peut alors, en toute sécurité, vérifier les causes de l'éventement de la mine, parce qu'aucune matière servant au tamponage ne pouvant produire ni contenir d'étincelle, il n'y a aucune surprise à redouter.

Le danger de l'ancien mode de bourrage et d'amorce, qui mettait en contact des matières inflammables et des outils susceptibles de produire étincelle par leur frottement sur la pierre, disparaît également; le sable et le bois qui constituent les seuls éléments du tamponnage anglais, expliquent, sous ce rapport, la supériorité du nouveau système.

La manière dont les effets se produisent, par l'emploi des fusées et tampons de sûreté, rend encore, sinon impossibles, tout au moins beaucoup plus rares, les accidents et dégâts dus aux éclats de rochers lancés au loin.

Par le nouveau moyen, on l'a déjà dit, le travail de la charge est le plus souvent concentré dans l'intérienr du fourneau; il arrive même parfois, et ce phénomène est assez remarquable, que non-seulement aucun dérangement ne s'annonce à la surface, mais que le tampon et le tuyau, servant d'enveloppe à la fusée, sont retrouvés dans la mine après l'explosion, bien que cependant la mine ait produit tout le cube qu'on pouvait attendre.

Il faudrait, sans doute, une plus longue expérience pour reconnaître et analyser toutes les précieuses qualités de ces mèches et tampons; mais les faits déjà si appréciables qu'il m'a été permis de constater dans les essais trop courts auxquels je me suis livré, permettent de croire que les avantages de leur introduction dans les travaux des mines ne s'arrêtent pas là.

Mèches destinées aux endroits humides et aux travaux hy-

drauliques. — Je n'ai pu faire que des essais incomplets avec les deux autres espèces de mèches, destinées aux endroits humides et aux travaux hydrauliques ; mais j'ai assez expérimenté, je pense, pour conclure qu'elles sont également bonnes, et que, comme celles qui précèdent, elles doivent parfaitement atteindre leur but.

Celle qui est désignée comme devant servir aux endroits humides, a toutes les qualités requises ; submergée pendant 4 heures, elle a parfaitement communiqué le feu sous eau, à une profondeur de 1^{m}80, par une vitesse de 0^{m}90 à 0^{m}95, par minute.

A l'air, la combustion est plus rapide que dans la fusée ordinaire.

Ce résultat peut tenir à la nature de la composition intérieure de la fusée, ou à la plus grande quantité de poudre qu'elle renferme, car elle est d'une dimension plus forte que celle de la fusée destinée aux travaux ordinaires.

La fusée destinée aux travaux hydrauliques est excellente ; submergée pendant 17 et 20 heures, elle fit effet avec la même facilité et la même rapidité qu'à l'air (0^{m}65 à 0^{m}70 par minute).

J'en ai assez dit, je pense, pour faire reconnaître combien il est important de hâter l'introduction de la mèche et du tampon dans tous les travaux, et, si des considérations d'économie de temps et d'argent ne réclamaient déjà leur substitution au mode désastreux suivi jusqu'à ce jour, l'humanité seule la recommanderait impérieusement.

J'ai la certitude que l'usage de ces fusées et tampons ne tardera pas à être adopté par tous les ouvriers mineurs, aussitôt qu'ils en auront reconnu l'efficacité et qu'ils se seront familiarisés avec leur emploi. Je pense même que, en raison des avantages si puissants qu'en produira l'emploi généralisé à tous les travaux publics, l'administration devrait, dès maintenant, rendre obligatoire leur application à tous les grands travaux du gouvernement.

II.

CONSIDÉRATIONS SUR LA FABRICATION DES MÈCHES DE SURETÉ, ET SUR LEUR EMPLOI DANS LES EXPLOITATIONS DE MINES, PAR M. DEVAUX, INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES (24 FÉVRIER 1843).

Dans les essais que j'ai été chargé de faire des nouvelles mèches de sûreté (*safety fuze*), je me suis particulièrement attaché à reconnaître la composition de ces étoupilles et à rechercher les moyens de les fabriquer dans le pays.

Les essais tentés à ce sujet sous la direction de M. Chandelon, professeur de chimie industrielle à l'école des mines de Liége, paraissent avoir assez bien réussi. Soumises aux mêmes épreuves que les mèches anglaises, les mèches de fabrication belge ont présenté les diverses qualités requises. A ma demande, elles ont été rendues plus lentes à la combustion. Les mèches anglaises brûlent sur un mètre de longueur en 65 secondes, tandis que la durée de la combustion est, pour les nouvelles, de 121 secondes en moyenne; au surplus, cette durée peut varier dans des limites assez étendues, selon le temps qui s'est écoulé depuis la fabrication: c'est un point important à signaler pour la sûreté de l'emploi de ces fusées.

Quant au prix de fabrication, il ne saurait être établi, avec quelque certitude, qu'après des essais plus nombreux et plus en grand. Il est peu probable, toutefois, que nous puissions arriver de sitôt à confectionner ces mèches au taux modéré des tarifs fournis par l'inventeur anglais, savoir 9, 18 et 36 centimes environ, par mètre, des trois qualités de mèches. Notre essai a porté, il est vrai, sur l'espèce de fusée propre au travail sous l'eau; mais l'estimation des dépenses, quelque hazardée qu'elle puisse être, à défaut d'expérience et de pratique, laisse peu d'espoir de perfectionner assez les détails de cette fabrication, pour ramener bientôt de 47 à 27 centimes le prix marchand du mètre de cette espèce de mèche.

encore moins d'atteindre au bas prix de vente des deux autres espèces, taux qui suppose une telle simplicité dans les procédés, que la main-d'œuvre n'entre presque pour rien dans le prix de revient.

Rien ne s'oppose donc à ce que l'on prenne provisoirement à la fabrique des sieurs Bickford, Smith et C°, aux prix indiqués par eux, toute la quantité de mèches (*safety fuze*) qui peut être nécessaire aux travaux de l'État, surtout en ce qui concerne l'espèce ordinaire, dite *common fuze*, dont le bas prix est réellement surprenant, et qui, dans presque tous les cas de nos travaux publics, atteindra le but proposé.

Quant à l'emploi des mèches de sûreté et des tampons en bois dans les travaux des mines, il ne sera point aussi étendu et n'offrira pas communément des avantages aussi importants que ceux qu'a signalés M. l'ingénieur Petitjean, à la suite des épreuves en grand, entreprises sous ses yeux dans les travaux du chemin de fer de la Vesdre.

Je dois faire remarquer, d'abord, que nous connaissions depuis longtemps l'usage que l'on peut faire des tampons de bois pour le bourrage de la mine; que des essais ont été faits pour introduire cette méthode de bourrage dans nos travaux souterrains, et qu'on y a peu à peu renoncé, parce que ce procédé ne devient avantageux que quand le trou de mine dépasse une certaine profondeur, supérieure en général à celle des trous forés par nos mineurs.

Les motifs de cette différence sont faciles à saisir : dans les travaux à jour, les blocs à enlever sont ordinairement dégagés sur plusieurs faces, et, comme on a intérêt à ébranler le plus possible les masses environnantes, qu'on ne vise qu'à déterminer une grande dislocation, on attaque les roches profondément. Dans les mines, au contraire, on est toujours limité, dans l'énergie des effets à produire, par la condition de ménager intactes et solides les parois des excavations; le plus souvent, d'ailleurs, le massif à enlever, engagé de toutes parts dans les roches voisines, ne peut être attaqué que de

front et sur une surface peu étendue. Dans l'un et l'autre cas, les trous de mine profonds doivent être proscrits, tantôt parce qu'ils ébranleraient la roche au delà des limites voulues, tantôt parce qu'ils n'amèneraient aucun résultat.

Reste donc à s'occuper des avantages que peut offrir la susbtitution des mèches de sûreté à nos moyens ordinaires d'amorcer, abstraction faite des tampons de bois, dont l'usage sera toujours fort restreint dans les mines.

Les avantages de ces mèches, considérées sous ce point de vue, se réduiront aux suivants :

1° Elles éloigneront les dangers résultant de l'emploi des épinglettes ;

2° Elles garantiront, contre les chances d'explosions instantanées, le mineur qui met le feu ;

3° Elles contribueront à augmenter l'effet de la poudre, en réduisant à un *minimum* l'ouverture de l'amorce. Toutefois, cet avantage ne profitera pas ici au même degré que pour les mines profondes, vu que, pour nos petites mines, les épinglettes employées sont déjà très-minces.

D'un autre côté, elles exigeront un peu plus de soin, et par conséquent de temps, dans le bourrage, sans qu'on puisse être certain que jamais la mèche ne sera ou déchirée ou déformée outre mesure dans le trou.

III.

DÉTAILS NOUVEAUX ET CONCLUSIONS DE **M. DEVAUX**, INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES, CONCERNANT L'EMPLOI DES FUSÉES DE SURETÉ DANS LES TRAVAUX SOUTERRAINS (28 DÉCEMBRE 1843).

L'emploi des mèches de sûreté (*safety fuze*) dans les travaux des mines, a continué à être l'objet d'essais suivis. Les observations faites confirment, en général, les prévisions énoncées dans le rapport du 24 février dernier. Il en résulte, en outre, que le bourrage ordinaire peut être employé con-

curremment avec les mèches de sûreté, sans que celles-ci éprouvent aucune détérioration nuisible à leur effet ;

Que l'usage de ces mèches présente, pour la plupart des mines, spécialement pour celles où la ventilation n'est pas très-active, un inconvénient plus ou moins sérieux, à raison de la fumée épaisse et suffocante qu'elles dégagent, et du temps, souvent très-long, qu'il faut pour en purger les excavations;

Enfin, que l'enduit bitumineux de l'enveloppe continue souvent à brûler avec une flamme vive, à l'orifice du trou, pendant tout le temps que la mèche fuse, ce qui est un motif puissant pour proscrire l'usage de ces mèches dans les mines à *grisou*.

En résumé :

1° L'usage des mèches de sûreté est à conseiller dans toutes les mines où il y a absence de *grisou*, sauf les cas où la ventilation serait trop faible pour entraîner promptement la fumée produite par leur combustion ;

2° Quand les trous de mine auront plus de 35 à 40 centimètres de profondeur, l'emploi simultané du tampon et de la mèche sera très-avantageux.

On doit s'astreindre, dans tous les cas, à la condition de se servir de cartouches soigneusement préparées ;

3° Quand les fourneaux ou trous de mine auront une profondeur moindre, les fusées de sûreté offriront encore les avantages suivants :

D'éviter les dangers résultant de l'emploi des épinglettes ;

De garantir contre les chances d'explosion instantanée ;

De contribuer à augmenter l'effet de la charge, en réduisant l'ouverture de l'amorce.

Ici le tampon de bois ne pouvant plus être utilement employé, on a recours au bourrage ordinaire ; mais c'est le cas de recommander d'interposer encore, entre la cartouche et la bourre compacte, une couche de cinq à six centimètres au moins d'une matière pulvérulente et sèche, dont les bons effets sont : d'une part, d'empêcher qu'un bourrage exécuté

trop brusquement au début n'entraîne le déchirement de la cartouche, l'épanchement de la poudre et accidentellement l'inflammation de celle-ci, sous une compression subite, et, d'autre part, de favoriser le travail utile de la charge, en ajoutant au volume de la chambre à feu.

Il est inutile de dire que pour les trous montants ou même horizontaux, cette matière pulvérulente doit être enfermée dans une enveloppe, et former ainsi une espèce de cartouche que le bourroir pousse et serre contre la charge;

4° Lorsqu'à raison du peu de profondeur d'un trou de mine, la mèche devra, pour présenter une longueur suffisante, dépasser de beaucoup l'orifice de ce trou, cette partie extérieure pourra être appliquée, à l'aide d'un peu d'argile, contre la roche ou tout autre support convenable, de manière à assurer l'ignition régulière du pulvérin et à conserver l'enveloppe aussi intacte que possible.

IV.

RAPPORT A M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS, PAR LA COMMISSION POUR L'EXAMEN DES PROCÉDÉS NOUVEAUX, DU 25 AOUT 1844.

Depuis 1842, des essais sur l'emploi des amorces dites *safety fuze* et des tampons de bourrage, ont été faits en même temps dans les travaux du chemin de fer et dans ceux des mines, par les soins de l'administration.

Il en résulte que, pour ce qui concerne les travaux à jour, l'emploi de ces amorces présente des avantages très-prononcés, sous le rapport de la sûreté et de l'économie.

Il y a sûreté pour les ouvriers, en ce qu'ils n'ont plus à manier la poudre comme pour préparer l'amorce ordinaire; en ce qu'ils sont dispensés de l'usage dangereux des épinglettes; en ce qu'ils ne sont plus dans le cas, au risque d'explosion, de débourrer une mine ou d'y forer un nouveau trou d'amorce,

puisqu'il est presque sans exemple que ces fusées manquent leur effet; en ce que ces mèches fusant avec projection de lumière, les ouvriers peuvent entendre et voir, à une grande distance, que le feu n'est pas éteint, avantage que n'offrent point les procédés ordinaires, où l'on fait usage de mèches soufrées, d'amadou, ou d'autres substances dans lesquelles le feu peut couver longtemps inaperçu; enfin, et surtout, en ce que ces nouvelles amorces garantissent contre toutes chances d'explosion intempestive ou prématurée.

Il y a économie, parce que, au moyen de ces mèches, l'explosion est plus sourde, plus profonde et l'ébranlement plus étendu, ce qui tient principalement à la faible ouverture laissée à la lumière. Cet avantage économique est d'autant plus marqué, que les trous de mine sont plus profonds : dans le système ordinaire, la largeur du trou d'amorce, déterminée par l'épinglette, augmente avec la profondeur du fourneau.

Enfin, le temps nécessaire pour l'opération du tirage à la poudre, est notablement réduit, et ici encore, plus les trous sont profonds, plus on gagne à l'adoption du nouveau système, qui se marie si bien avec l'emploi des coins en bois ou tampons de bourrage, lesquels remplacent avantageusement, dans ce cas, les bourres en terre.

Pour ce qui concerne les travaux à la poudre, à l'intérieur des mines, l'emploi de ces mèches n'offrira pas communément, sous le rapport économique, des avantages aussi importants que ceux qui viennent d'être signalés. Les motifs de cette différence sont faciles à saisir : dans les travaux à jour, les blocs à enlever sont ordinairement dégagés sur plusieurs faces, et, comme on a intérêt à ébranler le plus possible les masses environnantes, qu'on ne vise qu'à déterminer une grande dislocation, on attaque les couches profondément. Dans les mines, au contraire, l'énergie des effets à produire est presque toujours limitée par la condition de ménager intactes et solides les parois des excavations; le plus souvent, d'ailleurs, le massif à enlever, engagé de toutes parts dans les roches

voisines, ne peut être attaqué que de front et sur une surface peu étendue. Dans l'un et l'autre cas, les trous de mine profonds doivent être proscrits, tantôt parce qu'ils ébranleraient la roche au delà des limites voulues, tantôt parce qu'ils n'amèneraient aucun résultat.

Néanmoins, les conclusions déduites des essais entrepris par l'administration des mines peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

1° L'usage des fusées de sûreté est à conseiller dans toute mine où il y a absence de *grisou*, sauf les cas où la ventilation serait trop faible pour entraîner promptement la fumée épaisse produite par la combustion de ces fusées ;

2° Quand les trous de mine ont plus de 35 à 40 centimètres de profondeur, l'emploi simultané du tampon et de la mèche est très-avantageux ;

3° Quand les fourneaux ou trous de mine ont une profondeur moindre, les fusées de sûreté offrent encore les avantages suivants :

» D'éviter les dangers résultants de l'emploi des épinglettes, » de garantir contre les chances d'explosion instantanée, de » contribuer à augmenter l'effet de la charge, en réduisant l'ou- » verture de l'amorce. »

Ici le tampon de bois ne pouvant plus être utilement employé, on a recours au bourrage ordinaire ; mais c'est le cas de recommander d'interposer encore, entre la cartouche et la bourre compacte, une couche de 5 à 6 centimètres, au moins, d'une matière pulvérulente et sèche, dont les bons effets sont, d'une part, d'empêcher qu'un bourrage exécuté trop brusquement au début n'entraîne le déchirement de la cartouche, l'épanchement de la poudre, et, accidentellement, l'inflammation de celle-ci, sous une compression subite, et, d'autre part, de favoriser le travail utile de la charge, en ajoutant au volume de la chambre à feu celui des nombreux interstices que présente la matière interposée;

4° Lorsque, à raison du peu de profondeur d'un trou de mine,

la mèche doit, pour laisser à l'ouvrier le temps de gagner sa retraite, dépasser de beaucoup l'orifice du trou, cette partie extérieure peut être appliquée, à l'aide d'un peu d'argile, contre la roche ou contre tout autre support convenable, de manière à assurer l'ignition régulière du pulvérin et à conserver l'enveloppe aussi intacte que possible.

Quant au mode à suivre pour se procurer les mèches de sûreté dont on pourrait avoir besoin, il paraît convenable de continuer à les faire venir directement d'une des fabriques établies par les inventeurs, vu la modicité du prix de vente de ces derniers, sauf à aviser ultérieurement à les fabriquer dans le pays, si l'usage en devient assez général pour rendre cette entreprise fructueuse.

V.

NOTICE DE M. L'INGÉNIEUR **PRISSE**, JOINTE AU RAPPORT PRÉCÉDENT, SUR LES AVANTAGES DES MÈCHES DE SURETÉ ET DES TAMPONS EN BOIS, ET SUR LA MANIÈRE DE S'EN SERVIR.

1° *Résumé des avantages que présente l'emploi des mèches de sûreté et des tampons en bois.* — Les amorces de sûreté, *safety fuze* des Anglais, sont faites d'une composition inflammable, contenue dans une enveloppe flexible, de 5 à 7 millimètres de diamètre, peu perméable, et au besoin rendue complétement imperméable à l'humidité.

Il y en a de trois espèces et de trois prix, selon qu'il s'agit d'entamer des roches sèches, des roches humides ou de tirer sous l'eau. Les espèces ne diffèrent essentiellement que par l'épaisseur et par le degré d'imperméabilité de l'enveloppe.

Les tampons de bourrage sont en bois ; ils consistent en deux, ou mieux en trois pièces, qui se réunissent de manière à former un cylindre du diamètre du trou de mine, et présentant une rainure longitudinale, dans laquelle la fusée se

loge et se trouve garantie de toute avarie pendant le bourrage.

Il résulte des expériences faites par l'administration, que l'emploi de l'amorce de sûreté et du tampon offre les avantages suivants :

1° L'explosion des mines est plus sourde, plus profonde, et le déblai produit beaucoup plus considérable que dans l'ancienne méthode ;

2° Le temps nécessaire pour l'opération est notablement réduit, surtout pour les trous de mine profonds ou percés sous l'eau ;

3° Le mode nouveau prévient les explosions prématurées ou intempestives, et il est presque sans exemple que les amorces manquent leur effet ;

4° L'encombrement produit par l'explosion de mines voisines n'offre plus les mêmes inconvénients, et l'action presque toute intérieure de la mine rend plus rares les accidents et les dégâts occasionnés par les éclats de roche lancés au loin;

5° Le nouveau mode supprime l'usage dangereux des épinglettes, et généralement toutes les chances d'inflammation de la poudre par des étincelles produites par choc ou par frottement ;

6° Les amorces réunissent toutes les conditions désirables de facilité et de sécurité, dans le cas de trous de mine montants ou horizontaux, pénétrant profondément dans les roches;

7° En prenant la précaution de choisir l'espèce d'amorce qui convient au travail à exécuter, le nouveau mode offre tous les avantages ci-dessus, aussi bien dans le cas de terrains humides ou noyés, que dans celui de roches sèches;

8° Enfin, et comme conséquence des observations qui précèdent, l'emploi des amorces de sûreté donne généralement lieu à une économie notable.

Ces divers avantages ont été également appréciés dans les essais nombreux faits sur le tirage à la poudre, à l'intérieur

des mines. Il y a lieu cependant de présenter à cet égard les conclusions restrictives ci-après :

1° Les avantages économiques résultant de l'emploi des amorces de sûreté, sont généralement moindres, dans les travaux souterrains d'exploitation des mines, que dans les travaux à ciel ouvert, en raison de la faible profondeur qu'y reçoivent ordinairement les trous de mine ;

2° L'usage de ces amorces doit être proscrit dans les mines à *grisou* ;

3° Il semble également convenable d'y renoncer partout où la ventilation serait trop faible pour entraîner promptement la fumée épaisse et incommode qui se dégage par la combustion de ces amorces.

2° *Manière de se servir des amorces de sûreté et des tampons de bourrage.* — Le trou de mine étant fait, on le nettoye bien et on y introduit la fusée, dont le fil extérieur a été déroulé sur une longueur d'environ 0^m03, à partir de l'extrémité qui doit être mise en contact avec la poudre ; on y laisse ensuite couler la poudre, dont la quantité a été réglée d'avance : il est mieux, toutefois, de se servir d'une cartouche dans laquelle plonge la fusée ; ce moyen est même de rigueur pour les mines horizontales, pour celles qui, inclinées, ont l'ouverture en bas, et pour tous les cas où le terrain présente les moindres traces d'humidité.

La fusée doit être maintenue serrée contre la paroi du trou de mine. Lorsque, à raison du peu de profondeur d'un trou de mine, la mèche devra, pour présenter une longueur suffisante, dépasser de beaucoup l'orifice de ce trou, il conviendra d'appliquer cette partie extérieure de la mèche contre la roche ou tout autre support, à l'aide d'un peu d'argile. La charge est très-légèrement comprimée, après l'introduction d'une bourre mince en papier. L'ouverture du trou est nettoyée au moyen d'un bâton mouillé.

On introduit contre la charge 15 à 20 centimètres de sable, brisures fines, ou autres matières pulvérulentes, bien sèches,

que l'on tasse sur la poudre au moyen d'un bourroir de bois.

On met ensuite le coin central du tampon, le gros bout en avant, et on le pousse dans le trou jusque contre la bourre; on a soin de tenir la mèche légèrement tendue, pendant cette opération, et de la loger dans la rainure pratiquée à cet effet dans le coin.

Enfin on place ensemble ou séparément les deux coins latéraux, ou les ailes du tampon. Ces ailes, munies également d'une rainure, glissent, la tranche en avant, le long de la mèche, et vont resserrer le coin central : quand elles sont engagées, on les chasse en place avec vigueur, pour rendre la pression aussi complète que possible. On fait bien, pour atteindre ce but, d'enduire de graisse, ou mieux de plombagine, les faces intérieures des pièces du tampon qui doivent glisser l'une contre l'autre. On remplit le vide restant de sable fin, de brisures fines ou d'argile, afin de boucher tout passage à l'air.

On peut alors mettre le feu à la mèche, au moyen d'une lumière quelconque; le feu est conduit à la charge dans un espace de temps qui dépend de la longueur de la mèche.

La mèche ou fusée brûle sur une longueur d'environ 60 centimètres par minute; mais il convient de faire un essai à cet égard, la rapidité de la combustion dépendant de la provenance et de l'ancienneté des fusées, ainsi que du degré de compression qu'elles subissent dans le trou.

On peut employer les fusées de sûreté seules et sans faire usage des tampons : on bourre alors les mines comme d'habitude, après avoir mis en place la charge et la mèche. Ce sera ordinairement le cas, lorsque, les trous ayant moins de 35 à 40 centimètres de profondeur, l'usage du tampon en bois cessera d'être avantageux.

DOCIMASIE.

RAPPORT

FAIT A

LA COMMISSION DES PROCÉDÉS NOUVEAUX,

SUR L'ANALYSE DE DIVERSES ESPÈCES DE HOUILLE PROPRES A LA FABRICATION DU COKE

Satisfaisant à l'art. 1er du programme de ses recherches, la sous-commission (1) que vous avez chargée de l'étude des meilleurs moyens de fabriquer et d'employer le coke, a l'honneur de vous remettre un premier travail qui, résumé dans deux tableaux A et B, comprend la description et l'analyse des diverses couches de houille propres à la fabrication du coke, exploitées dans le 6e district des mines (province de Liége, rive droite de la Meuse).

Quelques mots sur la manière dont on a opéré compléteront les renseignements fournis par les deux tableaux ci-joints.

Les échantillons de houille soumis à l'essai ont été recueillis sur les lieux par le conducteur chargé de la surveillance des mines qui les ont fournis. Ils étaient composés de grosse houille, mélangée de menu, telle qu'elle provient de l'abatage à la taille, telle aussi qu'elle est livrée au commerce; ils représentaient chacun un volume de 8 à 10 litres.

(1) Cette sous-commission était composée de MM. DEVAUX, ingénieur en chef des mines, MAUS, ingénieur des ponts et chaussées, et CHANDELON, professeur à l'université de Liége.

La densité a été calculée d'après une moyenne de trois essais, faits chacun sur un morceau de houille de 15 à 25 grammes, au moyen de la balance hydrostatique. On rejetait les morceaux qui, en raison des pierres qu'ils renfermaient, présentaient une densité anormale et tout à fait accidentelle, et l'on ne prenait le poids de la houille dans l'eau, qu'après q u'elles'était imbibée de ce liquide, et débarrassée ainsi des gaz qu'elle renfermait dans ses pores. Il résulte d'un grand nombre d'expériences, que la densité moyenne, avant le dégagement de ces gaz, est à la densité après leur dégagement, dans le rapport de 1,29 à 1,30, quoique certaines houilles puissent présenter, à cet égard, des différences de 3 à 4 centièmes.

L'essai docimastique a compris trois espèces d'opérations, qui ont eu respectivement pour but :

1° La détermination des quantités de coke et de matières volatiles fournies par une quantité donnée de houille;

2° La détermination de la quantité de cendres contenues dans le coke fourni par l'opération précédente;

3° La recherche de la quantité de pyrite renfermée dans un poids donné de houille.

A ces opérations, il faut joindre celles qui ont eu pour objet la détermination de la fusibilité des cendres.

L'échantillon de houille étant réduit en morceaux de la grosseur d'un pois et tamisé avec soin, on en prenait 10 grammes, que l'on plaçait dans un creuset de platine; ce dernier était placé ensuite dans un autre creuset plus grand, aussi en platine; on le recouvrait de fragments de charbon; on refermait le grand creuset, puis on le soumettait à l'action de la chaleur, dans un creuset en terre réfractaire, porté à une chaleur rouge, dans un fourneau à tirage assez fort. On obtenait ainsi le rendement en coke; puis, par différence, la quantité de matières volatiles. On faisait trois essais, et on prenait la moyenne des résultats, pour arriver aux nombres consignés dans les tableaux ci-joints.

Le coke fourni par ces trois essais était porphyrisé ; on incinérait trois grammes du mélange, dans un fourneau de coupelle, et l'on calculait, par le poids des cendres obtenues, le poids des cendres contenues dans 100 kilog. de coke et dans 100 kil. de houille.

Le dosage de la pyrite se faisait en attaquant 20 grammes de houille par l'eau régale ; on accélérait l'action par l'addition de quelques grammes de chlorate de potasse ; puis, après avoir filtré, on précipitait par le chlorure de baryte. Le poids du sulfate de barium obtenu faisait connaître celui de la pyrite contenue dans la houille essayée.

Par ces trois opérations, on a pu déterminer la quantité de carbone pur contenue dans 100 kil. de houille.

Pendant l'essai pour coke, une partie du soufre de la pyrite se dégage avec les matières volatiles, et, d'autre part, le sulfure ferreux du coke se transforme, par l'incinération, en oxide ferrique; on a dû avoir égard à ces circonstances dans le calcul, et déduire, d'une part, de la quantité des matières volatiles obtenues par la première opération, la quantité de soufre volatilisée avec elles, et, d'autre part, des cendres du coke, obtenues par la seconde opération, le poids de l'oxigène de l'oxide ferrique provenant de la pyrite. C'est ainsi qu'ont été calculées les quantités de matières volatiles, de matières terreuses et de pyrites, portées au tableau.

La quantité de carbone pur d'une houille peut être considérée comme représentant, jusqu'à un certain point, l'effet utile de cette houille, dans son emploi à l'état de coke. C'est d'après cette considération que les houilles ont été classées dans le tableau (B). Mais il ne faudra pas perdre de vue que ce classement ne peut représenter en réalité l'ordre des houilles par rang de bonne qualité, parce qu'il n'admet pas, comme éléments particuliers, la fusibilité des cendres, l'influence nuisible de la pyrite, l'état du coke produit, sa porosité, sa cohésion, etc. On a essayé de tenir compte de cette dernière circonstance, en déterminant la densité apparente du coke

fourni par chaque espèce de houille, et, dans ce but, le coke pesé était tassé avec de la grenaille de plomb, dans une éprouvette graduée. Après avoir tenu note du volume occupé dans cet état, on retirait le coke, et, du volume précédent, défalquant celui de la grenaille restée dans l'éprouvette, on obtenait le volume du coke, ce qui conduisait à la densité cherchée. Mais on a renoncé à toute recherche sous se point de vue, parce que les circonstances dans lesquelles le coke est obtenu dans une préparation de laboratoire, diffèrent trop de celles qui accompagnent sa production en grand, pour qu'il puisse y avoir une comparaison utile à établir, quant au mode d'agrégation et à la texture du coke dans ces deux cas.

Les cendres que laisse la combustion de la houille ont une double origine : elles proviennent en partie des matières terreuses intercalées entre les feuillets de la houille et faisant corps avec elle, et en partie des schistes durs ou friables qui se sont mélangés avec elle dans l'abatage, et qui proviennent généralement, soit des roches stériles entre lesquelles sont comprises les couches, soit des lits de pierres (*havage*) intercalés dans ces couches. Comme le triage est rarement assez soigné pour débarrasser entièrement la houille de ces débris, on conçoit quelle influence peut souvent avoir un banc intercalé dans une couche de houille, sur la bonne qualité des produits de l'exploitation. C'est ce qui a engagé à indiquer au tableau la présence et l'épaisseur de ces bancs dans les couches (1).

(1) Les manipulations qu'a nécessitées ce travail ont eu lieu au laboratoire de l'école des mines de l'université de Liége. Elles ont été confiées aux soins actifs et éclairés de M. le sous-ingénieur Barbière, sous la direction de M. le professeur Chandelon.

ESSAIS DOCIMASTIQUES.

ANNEXES A. — B.

NUMÉROS d'ordre.	NUMÉROS d'inscription.	DÉSIGNATION des MINES.	NOMS des siéges D'EXPLOITATION.	DÉSIGNATION DE LA COUCHE DE HOUILLE ESS — NOMS.	ALLURE.	Puissance. — Mètres.
1	28			Bettebon	Dressant. . . .	0,90
2	9			Cor	Plateur.	0,79
3	27			Grand-Moulin.	Dressant. . . .	0,90
4	29			Grande-Rusette.	Id.	1,10
5	30		HENRI-GUILLAUME . .	Houlleux.	Id.	1,20
6	8			Péry.	Id.	2,00
7	44			Petite-Rusette. .	Id.	0,54
8	31			Philippe-Dame.	Id.	0,50
9	26			Wicha.	Plateur.	0,80
10	25	COCKERILL,		Grand-Moulin. .	Id.	0,90
11	11	à Seraing.		Houlleux.	Dressant. . . .	1,20
12	10		GRAND-COLLARD		Plateur. . . .	1,20
13	14			Petit-Moulin . .	Dressant. . . .	»
14	12				Id.	0,90
15	13			Wicha	Plateur.	0,90
16	24				Dressant. . . .	0,90
17	15		PETIT-COLLARD	Houlleux.	Id.	1,20
18	16			Wicha.	Id.	0,90
19	19			Grand-Moulin. .	Id.	1,45
20	18		LÉON		Id.	0,90
21	17	ESPÉRANCE,		Wicha.	Plateur.	0,90
22	38	à Seraing.		Delgée-Veine . .	Id.	0,60
23	39			Dure-Veine. . .	Id.	0,60
24	37		MORCHAMPS	Grande-Veine.	Dressant. . . .	0,90
25	40				Plateur. . . .	0,90
26	36			Malgarnie. . . .	Dressant. . . .	0,95
27	41				Plateur. . . .	0,95

DES HOUILLES.			Quantité de coke pour % de bouille.	ASPECT et NATURE DES CENDRES.	Observations.
	terreuses.	Pyrites.			
	1,76	0,15	81,17	Cendres gris-rougeâtre, argileuses.	Couche sans havage.
	6,02	0,18	76,42	— — — —	Couche partagée en deux laies par environ 0m16 de schiste.
	20,17	0,50	80,81	— grises, argileuses	Id. 0,15 id.
	6,28	0,40	80,75	— — —	Id. 0,20 id.
	9,53	0,19	79,60	— brunâtres, argileuses	Id. 0,12 id.
	14,09	0,45	78,68	— — —	Couche partagée en trois laies, par des bancs de schiste ayant en total une épaisseur de 0,50.
	1,52	0,08	80,76	— rougeâtres —	Couche sans havage.
	3,05	1,60	80,66	— brunâtres	Id. id.
	12,92	0,25	78,49	— rougeâtres.	Quelques centimètres de havage vers le mur.
	5,30	0,57	78,54	— — —	Même observation qu'au n° 3.
	10,30	0,18	79,77	— grises.	Id. id. 3.
	7,34	0,12	79,15	— d'un gris-clair.	Id. id. id.
	10,95	0,36	78,61	— gris-rougeâtre, faisant effervescence dans les acides fusibles.	Id. id. id.
	14,86	0,27	80,72	Cendres gris-rougeâtre, argileuses.	Même observation qu'au n° 9.
	13,13	0,31	79,79	— — — —	Id. id. id.
	9,53	0,34	79,15	— grises.	Id. id. id.
	16,10	0,12	79,34	— rougeâtres.	Id. id. 3.
	12,88	0,33	78,55	— — —	Id. id. 9.
	21,46	1,18	79,80	— — —	Id. id. 3.
	20,22	2,08	79,27	— — —	Id. id. 9.
	26,17	0,31	80,56	— rougeâtre-clair	Id. id. id.
	12,75	0,41	79,87	— — grises	Couche en deux laies.
	8,30	0,15	80,18	— faisant effervescence dans les acides fusibles.	Sans havage.
	1,19	0,20	78,04	Cendres gris-rougeâtre.	Id.
	4,34	0,32	80,24	— — —	Id.
	6,87	0,21	79,45	— — clair	Id.
	2,66	0,16	80,78	— — rougeâtre . . .	Id.

NUMÉROS d'ordre.	NUMÉROS d'inscription.	DÉSIGNATION des MINES.	NOMS des siéges D'EXPLOITATION.	DÉSIGNATION DE LA COUCHE DE HOUILLE ESSAYÉ — NOMS.	ALLURE.	Puissance. — Mètres.	Profondeur.
28	7	ESPÉRANCE, à Seraing. (suite.)	MORCHAMPS	Delgée-Veine.	Plateur.	0,60	19
29	21			Dure-Veine	Dressant.	0,60	22
30	20				Plateur.	0,60	19
31	22			Grand-Moulin.	Id.	0,90	22
32	23			Grande-Veine	Dressant.	0,90	22
33	5			Cor	Id.	0,85	21
34	4	MARIHAYE, à Seraing.	MARIHAYE	Delgée-Veine.	Plateur	0,70	24
35	6			Dure-Veine.	Dressant	0,60	24
36	42			Gheye.	Id.	0,70	24
37	43			Grande-Veine.	Plateur.	0,90	24
38	48	OUGRÉE, à Ougrée.	OUGRÉE.	Dure-Veine.	Id.	0,60	20
39	1			Grande-Veine	Dressant	0,90	20
40	49				Plateur.	0,90	20
41	53				Id. de tête.	0,90	17
42	2			Malgarnie.	Dressant.	0,95	20
43	3				Plateur.	0,95	20
44	51				2e Dressant.	0,95	17
45	50				Plateur à l'est.	0,95	20
46	52				Id. de tête.	0,95	17
47	47	SIX-BONIERS, à Seraing.	STE-BARBE.	Dure-Veine.	Dressant.	0,60	13
48	46			Grande-Veine	Id.	0,90	13
49	45				Plateur.	0,90	13
50	54	IVOZ, à Ramet.	IVOZ	Byon	Dressant.	0,90	26
51	33			Grande-Veine.	Id.	2,00	26
52	35			Laurier	Id.	0,75	26
53	32			Malgarnie.	Plateur.	0,80	26

DES HOUILLES. — ÈRES terreuses.	Pyrites.	Quantité de coke pour % de houille.	ASPECT et NATURE DES CENDRES.	Observations.
6,43	0,39	78,74	Cendres grises, argileuses.	Couche en deux lais.
2,67	0,03	77,67	— — —	Sans havage.
9,80	0,34	79,16	— —	Id.
10,03	0,33	78,81	— blanc-grisâtre	Partagée en 2 lais par 0m15 de schiste.
16,35	1,10	80,53	— grises	Sans havage.
12,00	0,21	74,93	— brunes	Couche partagée en 2 lais par 0m30 de schiste.
15,07	0,93	78,81	— gris-brunâtre.	Id. Id. par 0m15.
4,12	0,17	78,07	— — —	Sans havage.
22,27	0,44	78,73	— grises.	Couche partagée en 2 lais par un lit de pierres d'environ 0m15.
13,88	0,22	79,64	— rougeâtres.	Sans havage.
20,11	0,14	85,20	— brunâtres.	Id.
7,30	0,25	81,52	— brunes, faisant effervescence avec les acides fusibles	Id.
2,36	0,11	82,14	Cendres gris-rougeâtre	Id.
5,46	0,37	81,40	— gris-brunâtre.	Id.
2,20	0,19	82,37	— gris-rougeâtre	Id.
2,11	0,26	80,56	— gris-brunâtre.	Id.
6,37	0,27	81,89	— — rougeâtre	Id.
3,74	0,24	83,03	— rouge-foncé	Id.
3,31	0,11	81,79	— gris-rougeâtre	Id.
1,54	0,11	78,99	— blanc-grisâtre	Id.
1,56	0,09	79,92	— — rougeâtre	Id.
3,23	0,08	78,28	— gris —	Id.
20,95	0,22	79,44	— — —	Id.
15,58	2,60	78,83	— — —	Couche partagée en 2 lais par environ 0m60 de pierre.
13,09	1,25	75,86	— — —	Sans havage.
5,50	0,19	81,09	— gris-rougeâtre	Id.

NUMÉROS du mérite.	NUMÉROS d'ordre du tableau A.	DÉSIGNATION des MINES.	NOMS des siéges D'EXPLOITATI
1	42	Ougrée, à Ougrée.	Ougrée. . . . .
2	40	Id. id.	Id. . . . .
3	7	Cockerill, à Seraing	Henri-Guillaume . .
4	1	Id. id.	Id. . .
5	43	Ougrée, à Ougrée	Ougrée. . . . .
6	46	Id. id.	Id. . . . .
7	48	Six-Boniers, à Seraing.	Ste-Barbe. . . . .
8	45	Ougrée, à Ougrée	Ougrée. . . . .
9	27	Espérance, à Seraing	Hainchamps. . . .
10	47	Six-Boniers, id.	Ste-Barbe. . . . .
11	24	Espérance, id.	Hainchamps . . .
12	8	Cockerill, id.	Henri-Guillaume . .
13	25	Espérance, id.	Hainchamps. . . .
14	41	Ougrée, à Ougrée.	Ougrée. . . . .
15	53	Ivoz, à Ramet	Ivoz. . . . .
16	44	Ougrée, à Ougrée	Ougrée. . . . .
17	49	Six-Boniers, à Seraing	Ste-Barbe . . . .
18	29	Espérance, id.	Morchamps . . .
19	4	Cockerill, id.	Henri-Guillaume .
20	39	Ougrée, à Ougrée	Ougrée . . . . .
21	33	Marihaye, à Seraing.	Marihaye . . . .
22	10	Cockerill, id.	Grand-Collard . . .
23	26	Espérance, id.	Hainchamps. . . .
24	28	Id. id.	Morchamps. . . .
25	25	Id. id.	Hainchamps . . . .
26	12	Cockerill, id.	Grand-Collard . . .
27	2	Id. id.	Henri-Guillaume . .

...ATION DE LA COUCHE DE HOUILLE ESSAYÉE.				COMPOSITION DES HOUILLES.				QUANTITÉ de
...ts.	ALLURE.	Puissance. — Mètres.	Profondeur. — Mètres.	Carbone.	MATIÈRES volatiles.	MATIÈRES terreuses.	Pyrites.	COKE pour % de HOUILLE.
. . . .	Dressant. . . .	0,95	200	80,05	17,58	2,20	0,19	82,57
ne . . .	Plateur	0,90	200	79,50	17,83	2,50	0,11	82,14
tte . . .	Dressant. . . .	0,54	287	79,58	19,22	1,52	0,08	80,76
. . . .	Id. . . .	0,90	287	79,50	18,79	1,76	0,15	81,17
. . . .	Plateur, à l'est. .	0,95	200	79,11	16,91	3,74	0,24	83,03
. . . .	Plateur de tête. .	0,95	170	78,40	18,18	3,31	0,11	81,79
ne . . .	Dressant. . . .	0,90	132	78,29	20,06	1,56	0,09	79,92
. . . .	Plateur	0,95	200	78,26	19,37	2,11	0,26	80,56
. . . .	Id. . . .	0,95	447	77,94	19,24	2,66	0,16	80,72
. . . .	Dressant. . . .	0,60	132	77,37	20,98	1,54	0,11	78,99
ne . . .	Id. . . .	0,90	447	76,71	21,90	1,19	0,20	78,04
nce. . .	Id. . . .	0,50	287	76,46	18,91	3,05	1,60	80,66
ne . . .	Plateur	0,90	447	75,67	19,67	4,34	0,32	80,24
. . .	Plateur de tête. .	0,90	170	75,67	18,50	5,46	0,37	81,40
. . . .	Plateur	0,80	268	75,65	18,86	5,30	0,19	81,09
. . . .	2e Dressant. . .	0,95	170	75,04	18,44	6,27	0,25	81,49
ne . . .	Plateur	0,90	132	74,99	21,70	3,23	0,08	78,28
. . . .	Dressant. . . .	0,60	225	74,89	22,29	2,67	0,15	77,67
ette. . .	Id. . . .	1,10	287	74,18	19,14	6,28	0,40	80,75
ne . . .	Id. . . .	0,90	200	74,04	18,41	7,30	0,25	81,52
. . . .	Id. . . .	0,60	241	73,83	21,88	4,12	0,17	78,07
in . . .	Plateur	0,90	226	72,61	21,52	5,30	0,57	78,34
. . . .	Dressant. . . .	0,95	447	72,41	20,51	6,87	0,21	79,45
e. . . .	Plateur	0,70	194	72,03	21,15	6,43	0,39	78,74
. . . .	Id.	0,60	447	71,79	19,78	8,30	0,13	80,18
. . . .	Id.	1,20	226	71,72	20,82	7,34	0,12	79,15
. . . .	Id.	0,89	270	70,31	23,54	6,02	0,18	76,42

NUMÉROS du mérite.	NUMÉROS d'ordre du tableau A.	DÉSIGNATION des MINES.	NO des D'EXPLO
28	5	Cockerill, à Seraing	Henri-Guillaume
29	16	Id. id.	Grand-Collard
30	11	Id. id.	Id.
31	30	Espérance, id.	Morchamps
32	31	Id. id.	Id.
33	13	Cockerill, id.	Grand-Collard
34	22	Espérance, id.	Hainchamps
35	15	Cockerill, id.	Grand-Collard
36	14	Id. id.	Id.
37	18	Id. id.	Petit-Collard
38	9	Id. id.	Henri-Guillaume
39	6	Id. id.	Id.
40	37	Marihaye, id.	Marihaye
41	32	Espérance, id.	Morchamps
42	17	Cockerill, id.	Petit-Collard
43	34	Marihaye, id.	Marihaye
44	33	Id. id.	Id.
45	38	Ougrée, à Ougrée	Ougrée
46	32	Ivoz, à Ramet	Ivoz
47	31	Id. id.	Henri-Guillaume
48	3	Cockerill, à Seraing	Ivoz
49	30	Ivoz, à Ramet	Id.
50	20	Espérance, à Seraing	Léon
51	19	Id. id.	Id.
52	36	Marihaye, id.	Marihaye
53	21	Espérance, id.	Léon

...ION DE LA COUCHE DE HOUILLE ESSAYÉE.				COMPOSITION DES HOUILLES.				QUANTITÉ de COKE pour % de HOUILLE.
	ALLURE.	Puissance. — Mètres.	Profondeur. — Mètres.	Carbone.	MATIÈRES volatiles.	MATIÈRES terreuses.	Pyrites.	
. . .	Dressant. . . .	1,20	287	70,15	20,55	9,55	0,19	79,60
. . .	Id. . . .	0,90	206	69,55	20,78	9,55	0,54	79,15
. . .	Id. . . .	1,20	226	69,54	20,18	10,30	0,18	79,77
. . .	Plateur	0,60	194	69,11	20,75	9,80	0,34	79,16
. . .	Id.	1,45	225	68,52	21,10	10,05	0,53	78,81
. . .	Dressant. . . .	»	226	67,40	21,29	10,95	0,36	78,61
. . .	Plateur	0,70	447	66,82	20,02	12,75	0,41	79,87
. . .	Id.	0,90	226	66,43	20,15	13,15	0,31	79,79
. . .	Dressant. . . .	0,90	226	65,66	19,21	14,86	0,27	80,72
. . .	Id. . . .	0,90	165	65,43	21,56	12,88	0,53	78,53
. . .	Plateur	0,90	270	65,39	21,44	12,92	0,25	78,49
. . .	Dressant. . . .	1,50	270	64,26	21,20	14,09	0,45	78,68
e . . .	Plateur	0,90	241	63,60	20,30	15,88	0,22	79,64
. . .	Dressant. . . .	0,90	225	63,58	19,17	16,35	1,10	80,53
. . .	Id. . . .	1,20	165	63,15	20,65	16,10	0,12	79,34
e . . .	Plateur	0,70	241	63,06	20,94	15,07	0,93	78,81
. . .	Dressant. . . .	0,89	241	62,78	25,01	12,00	0,21	74,93
. . .	Plateur	0,60	200	62,99	16,76	20,11	0,14	83,20
. . .	Dressant. . . .	0,75	266	61,86	23,80	13,09	1,25	75,86
ie. . .	Id. . . .	2,00	268	61,44	20,58	15,58	2,60	78,85
n. . .	Id. . . .	0,90	270	60,28	19,05	20,17	0,50	80,81
. . .	Id. . . .	0,90	268	58,53	20,50	20,95	0,22	79,44
. . .	Id . . .	0,90	100	57,53	20,17	20,22	2,08	79,27
n. . .	Id. . . .	1,45	100	57,48	19,88	21,46	1,18	79,80
. . .	Id. . . .	0,55	241	56,14	21,15	22,27	0,44	78,75
. . .	Plateur	0,90	100	54,16	19,56	26,17	0,31	80,56

MÉTALLURGIE.

DE LA SITUATION DE L'INDUSTRIE DU FER EN PRUSSE;

PAR M. A. DELVAUX DE FENFFE,

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES.

L'histoire de l'industrie en Silésie est à peu près la nôtre; le commerce du fer y a pris, vers 1836, un grand développement; les prix s'élevèrent rapidement, de nouveaux établissements furent créés, la main-d'œuvre, les transports et les matières premières augmentèrent de valeur; réalisant des bénéfices considérables, les maîtres de forges se sont moins attachés à perfectionner le travail, à suivre les autres pays dans leur marche progressive; il en est résulté que, lorsque les prix ont baissé (et la concurrence anglaise n'a pas tardé à amener ce résultat), les conséquences de cette baisse ont été très-sensibles. Une circonstance qui a aggravé encore cette situation, c'est le mauvais état des voies de communication par eau, en Silésie, et, pour plusieurs usines, l'imprévoyance avec laquelle elles ont contracté, dans le temps de leur prospérité, des marchés devenus aujourd'hui très-onéreux.

Aussi n'y a-t-il plus guère que les établissements qui ne sont obligés d'acheter qu'une faible partie des matières premières, qui puissent travailler encore avec bénéfice. Dans cet état de choses, les maîtres de forges demandent une augmentation de droit d'entrée sur les fontes et les fers étrangers, augmen-

tation qui leur a déjà été refusée par deux congrès douaniers. C'est à prouver qu'une protection n'est pas nécessaire, et serait même pernicieuse, que l'auteur du mémoire s'applique.

Il y parvient, en établissant rigoureusement le prix de revient de la fonte en Silésie, d'après des renseignements authentiques, qu'il a recueillis sur les lieux ou puisés dans des documents officiels.

On reconnaît, à chaque page de ce travail, que l'industrie du fer n'a pas encore fait, en Silésie, les mêmes progrès que dans l'Europe occidentale, malgré la création d'usines modèles, fondées par le gouvernement prussien pour donner l'exemple aux maîtres de forges. Jusqu'à présent, les essais entrepris n'ont pas amené de résultats absolument utiles; mais la position de cette industrie va stimuler le zèle des intéressés, et déjà le gouvernement est à la veille de prendre l'initiative des améliorations que tous les maîtres de forges seront forcés d'adopter, s'ils ne veulent se laisser écraser par la concurrence, tant intérieure qu'extérieure.

M. Delvaux a divisé son travail en deux parties, la première renferme les documents statistiques, le prix des matières premières, de la main-d'œuvre, les frais de production et le prix de revient de la fonte au coke ou au bois, dans les principales usines de la haute Silésie; le tout est résumé en un grand tableau, où l'on peut embrasser d'un coup d'œil les différences qui existent entre ces usines, les éléments du prix de revient, leur importance relative, et ceux de ces éléments dans lesquels des perfectionnements pourraient apporter de l'économie.

La seconde partie traite, d'abord, de la crise actuelle, attribuée à cinq causes, savoir : 1° la baisse du prix des fontes et des fers anglais; 2° le haut prix des matières premières; 3° l'éloignement de quelques usines des mines de fer; 4° l'insuffisance des voies de communication vers les marchés éloignés; 5° l'état peu avancé où se trouve la sidérurgie en Silésie.

Quant à la baisse du prix de la fonte et du fer anglais, les maîtres de forges seraient tentés de l'attribuer à une intention d'anéantir l'industrie du fer en Allemagne; mais cette opinion n'est pas générale, et la plupart des personnes qui ne sont pas directement intéressées dans la question, s'attendent, dit le mémoire, à une hausse prochaine et continue. — Elle a déjà eu lieu à deux reprises depuis la publication de cet ouvrage.

Quoi qu'il en soit, les usines qui ne sont pas dans une position forcée, peuvent facilement soutenir la concurrence anglaise, en usant des ressources qui sont à leur portée, en appliquant à leur état de malaise les remèdes indiqués.

Le progrès en industrie, comme en tout, peut dériver de l'émulation et d'un desir de perfectionnement inhérent à l'esprit humain; mais c'est la nécessité seule qui enfante les progrès rapides et soutenus. Les preuves et les exemples en sont si nombreux, que personne aujourd'hui ne contestera que les tarifs de douane n'ont été utiles qu'à des industries presque abandonnées, et auxquelles ils rendaient une vie le plus souvent factice; mais que jamais ils n'ont fait progresser une industrie principale, une industrie naturelle à un pays, et qui, par cela même qu'elle est inhérente au sol, est assez forte pour surmonter une crise momentanée.

L'auteur s'étend assez longuement sur les améliorations à apporter dans le travail des hauts-fourneaux. Il signale la grande différence de rendement entre les fourneaux belges et les fourneaux silésiens, et démontre qu'elle provient des dimensions de la cuve, de la composition des charges, de la quantité et de la pression du vent, sans que la nature des matières premières justifie ces différences.

Le but de ce mémoire est donc, selon nous, parfaitement atteint, et il ne nous reste qu'à féliciter l'auteur de l'emploi judicieux qu'il a su faire des données du problème, pour arriver à une solution qu'on pourrait qualifier de mathématique.

Le volume est complété par *quelques détails sur l'union douanière et sur la production et l'importation du fer et de la*

fonte dans les États qui la composent. Ces détails comprennent un historique du *Zollverein*, une statistique de l'industrie du fer en Allemagne, et les différents tarifs de l'union douanière pour les fers et les fontes. Enfin des tableaux de production et d'importation viennent encore ici à l'appui de l'opinion de l'auteur sur l'inopportunité d'une augmentation du droit d'entrée sur les fers.

J. G.

BIOGRAPHIE.

NOTICE

SUR

C.-G.-A. LAURILLARD-FALLOT,

MAJOR DU GÉNIE ET PROFESSEUR A L'ÉCOLE MILITAIRE;

PAR M. LE BARON DE STASSART.

Les dissensions religieuses du 16e siècle et la révocation de l'édit de Nantes, sous Louis XIV, amenèrent en Hollande plusieurs de ces familles honorables que menaçaient les échafauds de l'intolérance ou du despotisme, et qui n'hésitèrent pas à faire aux convictions de leur conscience tous les sacrifices, sans excepter même l'attachement qu'il est si naturel de conserver pour le sol natal. C'est à ces deux catégories de réfugiés qu'appartenaient les familles Laurillard et Fallot (1), qui se confondirent, en quelque sorte, par un mariage, vers le milieu du siècle dernier.

Charles-Guillaume-Antoine Laurillard, plus connu sous le nom de Fallot, que portait sa grand'mère paternelle, naquit à La Haye, le 10 février 1787. Son père était un médecin instruit et digne à tous égards de l'estime publique; mais il ne connaissait ni le charlatanisme, ni l'intrigue, et jamais il n'avait conçu qu'on se donnât tant de soins, tant de soucis, pour amasser des richesses. Ses travaux habituels ne lui laissaient guère le loisir de s'occuper lui-même de l'éducation de ses enfants. Charles eut, pour institutrice, une mère vertueuse qui s'appliqua surtout à faire germer, dans ce jeune cœur, le

(1) Les Fallot, venus de Valenciennes, étaient établis en Hollande dès l'an 1600. Les Laurillard, originaires de Montbéliard, n'y vinrent qu'à la fin du dix-septième siècle

sentiment religieux. Il avait à peine atteint sa dixième année, quand il la perdit ; le chagrin qu'il en éprouva, les mauvais traitements d'une tante placée à la tête du ménage et l'indifférence de maîtres peu propres à bien apprécier ses dispositions naturelles, ne lui permirent pas de se livrer, avec le zèle convenable, aux études classiques ; le découragement s'empara de cette âme aimante qui restait privée d'aliments : ses succès furent nuls. Son père, mécontent, ne savait plus qu'en faire, lorsqu'un heureux hasard, ou plutôt la Providence, conduisit dans la famille un parent, officier d'artillerie, dont les manières affectueuses gagnèrent de prime abord la confiance du jeune homme, qui fit paraître tout à coup, et sans qu'on s'en fût douté jusque-là, une rare aptitude pour les sciences exactes. On lui parla de l'état militaire ; cette ouverture lui plut, et, le 17 avril 1800, il était élève d'artillerie. Il n'avait pas, du reste, perdu tout à fait son temps : s'il n'égligeait l'étude des langues anciennes, s'il désertait les leçons peu séduisantes du collége, c'était pour s'enfermer dans la bibliothèque de son père ; il y recueillit d'utiles connaissances en histoire, en géographie, en littérature ; il y prit ce goût de la lecture qui contribue si puissamment à rendre l'homme supérieur aux vicissitudes de la fortune, et qui fait trouver, dans la société des morts, dans les illusions d'une vie pour ainsi dire fantastique, de quoi se consoler des injustices et de l'ennui du monde réel.

L'intérêt qu'inspira bientôt le jeune Charles à ses nouveaux instituteurs, les éloges qu'on lui prodiguait de toutes parts, l'encouragèrent de plus en plus ; il venait de découvrir enfin sa véritable vocation, la carrière qui convenait le mieux à la nature de son intelligence. Aussi ses progrès furent-ils tout à la fois prompts et solides. Néanmoins il n'obtint une sous-lieutenance, dans les armes du génie et de l'artillerie (elles étaient confondues en Hollande), qu'en 1807 après avoir fait, comme élève sous-officier, la campagne de Hanovre en 1806.

Il fit partie de la division hollandaise envoyée en Espagne. Le sanglant combat de Durango (1), le 31 octobre, et la prise de Bilbao, le 1er novembre 1808, furent les premiers faits d'armes auxquels il s'associa. Il fut au nombre des officiers du génie employés, pendant l'hiver, aux fortifications de Madrid. Il revint à l'armée au mois de mars et prit une part active aux batailles de Medellin, le 28 mars, et de Talavera, le 28 juillet 1809; il y donna des preuves de bravoure et de zèle. Ses chefs le proposèrent pour la légion d'honneur; mais il n'eut d'autre récompense que le grade de lieutenant.

Rappelé dans sa patrie, avec le général Krayenhoff, vers la fin d'août de cette même année 1809, il se trouvait de retour à la Haye le 4 octobre. On s'empressa de l'attacher au dépôt de la guerre pour s'y livrer à d'importants travaux géodésiques. C'était le moyen de développer l'étendue de ses connaissances et de les accroître encore par la pratique.

Cependant le royaume de Hollande venait d'être incorporé dans le vaste Empire Français. Fallot ne tarda point à recevoir des lettres de service pour l'état-major du génie; la résidence de la Rochelle lui fut provisoirement assignée, au mois de mai 1811. Cette position ne convenait pas plus à ses habitudes d'activité qu'à son désir d'avancement, quelque modéré qu'on le suppose. Il vit arriver avec plaisir, le 14 juillet, l'ordre de se rendre à l'armée de Catalogne, commandée par le maréchal Macdonald duc de Tarente. Une promotion l'y attendait : il servit, en qualité de capitaine du génie, au siége de Figuières. Il eut la satisfaction de pénétrer dans cette place, qui capitula le 19 août; mais, dès lendemain, une fièvre violente, qu'il avait dissimulée jusque-là, lui rendit tout service impossible; il fut contraint de se faire transporter à l'hôpital de Perpignan. Les fatigues et les privations de toute espèce avaient altéré ses organes pour le reste de ses jours; car il ne cessa d'être sujet, depuis lors, à de fréquents accès fébriles.

(1) Appelé aussi de Zornosa par quelques historiens.

L'île d'Oléron paraissait devoir être attaquée par les Anglais. Fallot fut chargé de la mettre en état de défense, ce qui lui permit de faire l'application de ses études théoriques et de mettre ses talents en évidence. Les fortifications qu'il construisit lui méritèrent les suffrages de ses supérieurs, tandis que l'aménité de son commerce et les agréments de son esprit lui valurent, pendant un séjour de dix-huit mois, des marques multipliées d'estime et d'affection de la part des habitants.

L'année 1813 ramena Fallot dans le cercle du mouvement. Il partit, le 18 juin, pour l'armée d'observation réunie à Udine, et servit dans le Tyrol-Inférieur, où le prince Eugène de Beauharnais mit, en quelque sorte, le sceau à sa réputation militaire, par une savante retraite en présence de forces supérieures, qu'il sut contenir avec une habileté peu commune, sans jamais se laisser entamer.

Les combats, qui se succédèrent presque de jour en jour pendant cette laborieuse campagne, procurèrent au capitaine Fallot de fréquentes occasions de montrer cet admirable sang-froid qui sied si bien à l'arme du génie et qui rehausse tant le mérite du courage. Le 31 octobre, à la journée de Bassano, chargé de reconnaître la position de l'ennemi, ce fut au milieu des tirailleurs Tyroliens et sous le feu de leurs carabines, qu'il dessina les points occupés par les troupes Autrichiennes. Son nom, le lendemain, parut, avec les éloges qu'il méritait, à l'ordre de l'armée. L'étoile de la Legion-d'honneur lui fut promise, et, le 3 décembre, il en reçut le brevet. Ce service, qui peut-être assura le salut de l'armée française, et sa conduite sur les champs de bataille, à Caldiéro le 15 novembre, à Castagnero le 24 décembre 1813, à Minao le 8 février 1814, l'avaient si favorablement classé dans l'opinion du vice-roi (1), que, sans la chute de l'Empire, il pouvait se pro-

(1) Le prince Eugène avait si bien conservé le souvenir du capitaine Fallot, qu'en 1816, à Munich, il m'en demanda des nouvelles avec le plus vif intérêt, il parlait de l'ingénieur hollandais comme d'un officier du plus grand mérite.

mettre le plus brillant avenir. Il ne devait pas en être ainsi : la funeste nouvelle de la capitulation de Paris et celle de l'abdication de Fontainebleau parvinrent à l'armée d'Italie, qui s'était repliée sur la ligne du Mincio. Fallot, dégagé de ses serments, mais non satisfait d'une pareille catastrophe, car il s'était identifié complétement avec la gloire de Napoléon, reprit le chemin de son pays. La joie de se revoir au milieu des siens, après une si longue absence, fut troublée par le regret de ne plus y retrouver le père respectable que la mort lui avait ravi, l'année précédente.

La campagne de Waterloo, qui devait le mettre aux prises avec ses anciens camarades, ses anciens frères d'armes, était loin de lui sourire, et, peu disposé d'ailleurs à saluer de ses acclamations le nouvel ordre de choses, il s'abstint de toute démarche pour être remis en activité; il ne le fut que le 8 décembre 1815. La décoration de l'ordre militaire de Guillaume, beaucoup moins prodiguée que la croix de l'ordre civil, ne devint qu'en 1823 le prix de ses nouveaux services.

Les fortifications de Menin s'exécutèrent d'après ses plans et sous sa direction. Cette entreprise majeure une fois terminée, Fallot, qui croyait avoir à se plaindre du général Krayenhoff, s'empressa de quitter le service; néanmoins le prince Frédéric, ministre de la guerre, le fit jouir du traitement de non activité. C'était en 1826.

Les bords de la Meuse avaient toujours eu de l'attrait pour lui; la franchise et la gaieté wallonnes étaient en harmonie avec son caractère. Il vint se fixer à Namur. C'est là que la Providence l'attendait pour lui procurer quelques années de bonheur. Il fit choix d'une compagne digne, par les qualités du cœur et de l'esprit, de s'associer à ses destinées : il épousa, le 7 février 1828, mademoiselle Henriette Buydens, fille d'un notaire généralement estimé.

Les quinze années que Fallot passa dans la retraite, ne furent pas perdues pour la science. Un énorme manuscrit infolio, dans lequel il a consigné les analyses de plus de cinq

cents ouvrages sur toutes sortes de matières : histoire, politique, voyages, œuvres scientifiques, poésie, littérature, romans, beaux-arts, etc., témoigne assez de l'emploi studieux de ses loisirs. Ses jugements sur nos auteurs modernes portent presque tous l'empreinte d'une sûreté de goût bien rare, même parmi les critiques de profession. Ce volume renferme, en outre, de piquantes anecdotes; on pourrait en extraire un recueil très-intéressant de mélanges historiques et littéraires.

Fallot avait tenu, de 1806 à 1814, un journal de ses voyages, de ses relations de service ou de société, des événements auxquels il participa. On y remarque, à travers des faits de peu d'importance, quelques détails curieux et des portraits bien tracés; car il était surtout bon observateur. Voici le portrait qu'il fait de lui-même, et qui certes, pour ceux qui l'ont connu, ne paraîtra point flatté. « J'ai cinq pieds » cinq pouces de France environ; les cheveux blond-foncé; les » yeux bleu-verdâtre; le nez et la bouche grands; peu de barbe. » Tout cela ne fait pas un beau garçon; cependant ma phy- » sionomie n'est point désagréable. Je suis maigre, mais mus- » clé : j'ai les épaules peu saillantes et de vilaines jambes. Ma » voix est rauque et faible; mon regard est assuré, et, près » des femmes, souvent plein de feu. Je suis assez fort, bien » que je ne résiste pas trop à la fatigue. En revanche, je puis » longtemps souffrir sans me plaindre. J'ai peu ou point d'es- » prit et d'imagination, mais beaucoup de mémoire m'en tient » lieu, ainsi que d'une infinité d'autres choses. J'ai peu d'élé- » vation dans l'esprit, mais du phlegme et du sens commun. » Pour du courage (confession singulière de la part d'un offi- » cier qui ne s'est pas mal conduit), je n'en ai pas du tout, et » me fais du cœur par raison. Je suis enclin à plusieurs vices: » la colère, la volupté, l'orgueil et la vanité; toutefois les pré- » ceptes de l'évangile, car je suis chrétien et cela par convic- » tion, ne me permettent de me livrer ni aux uns ni aux au- » tres. La modicité de ma fortune me rend économe, et même » elle a failli me pousser vers la lésine. Enfin, en peu de mots,

»j'ai le cœur bon, mais trop faible, le caractère pas assez ferme, la tête froide, ne s'enflammant que par réflexion. Je me »crois très-propre à remplir avec succès un poste secondaire, »tandis que je craindrais d'échouer dans ceux où j'agirais »beaucoup par moi-même. »

L'aveu de manquer d'esprit et d'imagination ne peut guère être accepté que sous bénéfice d'inventaire, et l'auteur a pris soin de se donner un démenti formel, par un volume in-18 de 280 pages, publié à Liége, en 1835, et portant pour titre : *Canzoniere*. Sous la modeste forme de chansons, s'y trouvent fondus, avec un talent fort remarquable, la malice et la bonhomie; l'esprit et le naturel; la philosophie la plus élevée, la sensibilité la plus exquise et la gaieté la plus franche, la plus expansive. Je n'ai rien vu, dans les meilleurs chansonniers français, de plus attachant que *la Dédicace*, *la Belgique*, *le Pont aux ânes*, *les Consolations*, *la Fin du monde*, *la Crémaillère*, *le Départ*, *en Avant*, *l'Arc de triomphe de l'étoile*, *l'Aveugle*, *les Revenants*... Je n'hésite pas à le dire : Désaugiers et Béranger ne désavoueraient point ces charmantes pièces, et vingt autres que je pourrais citer. J'ai besoin toutefois d'ajouter, pour être bien compris, qu'elles ne brillent pas de cet admirable coloris poétique des trente à quarante chefs-d'œuvre qui font de l'auteur du *Dieu des bonnes gens*, un homme à part, et le placent au premier rang de nos poètes lyriques.

Fallot a laissé manuscrits, outre une nouvelle intitulée *Les deux comtesses*, quatre vaudevilles : *La croisade ou le départ pour la Grèce ; A bon chat, bon rat ; l'Avoué comédien* et *la Sensibilité ou l'homme des métaphores*. L'habitude de la scène pourrait bien ne pas s'y faire assez sentir; mais ils ne manquent point de verve comique et sont semés de fort jolis couplets.

Lorsque l'on rapproche ces productions légères des travaux scientifiques dont nous allons avoir à nous occuper, il est impossible de ne pas y reconnaître une nouvelle preuve de ce

besoin qu'ont les esprits supérieurs de se délasser quelquefois d'études abstraites, par les jeux folâtres de l'imagination. C'est ainsi, tout parallèle cependant à part, que Montesquieu écrivait ses *Lettres persanes* et *le Temple de Gnide*, tout en rassemblant les immenses matériaux de son immortel *Esprit des lois*. C'est ainsi que le chancelier de l'Hospital cherchait, dans la poésie latine, une agréable distraction aux recherches sérieuses qu'exigeait la composition de ces sublimes harangues, qui reflètent si parfaitement toute la noblesse de son âme.

Fallot ne pouvait, pour sa santé même, se passer de travaux qui l'obligeassent à la vie active. Aussi se chargea-t-il de la direction de quelques routes à construire, par des entrepreneurs, dans la province de Namur, celle entre autres de Dinant vers Neufchâteau.

Après la révolution de 1830, qui détacha brusquement la Belgique de la Hollande, le capitaine Fallot, devenu Belge, voulut payer sa dette au pays qui l'avait adopté. Rétabli dans les cadres de l'armée, le 2 février 1834, il n'obtint le grade de major qu'en 1835.

Un mémoire fort bien fait, sur *l'application de la vapeur à la défense des places fortes* (1), fixa l'attention du nouveau gouvernement et fit nommer Fallot professeur à l'école militaire, en 1834. Toutes ses pensées dès lors se concentrent vers le même but, celui d'aplanir, pour ses élèves, les aspérités de la science.... Il résume ses études en leçons, et ses leçons en un corps d'ouvrage intitulé : *Cours d'art militaire, ou leçons sur l'art militaire et les fortifications*. L'an 1837, parurent les deux premières parties, sur la tactique et la fortification de campagne ; l'an 1839, la troisième, qui présente l'histoire de la fortification permanente et l'exposé de tous les systèmes de cet art ; l'an 1841, la quatrième, destinée à l'application des grands principes de la fortification aux terrains accidentés. Il existait des difficultés nombreuses pour traiter un pareil

(1) Ce mémoire, divisé en six chapitres, ne fut imprimé qu'en 1843, dans les trois premières livraisons du tome troisième de la *Revue militaire belge*.

sujet. L'on doit s'en rapporter, à cet égard, au juge le plus compétent, l'habile directeur de l'école militaire : « Ici, dit-» il, point de doctrines à consulter ; car cette branche impor-» tante était restée, chez toutes les nations, dans le domaine » privé des hommes de l'art. »

La cinquième partie, qui devait couronner ce monument élevé à la science stratégique, était sur le point de voir le jour, lorsque la longue agonie qui précéda la mort de l'auteur vint y mettre obstacle. Elle pose d'une manière spéciale les règles de l'attaque et de la défense des places, ce qui complète le cours des connaissances utiles à l'ingénieur. Le soin d'en faire jouir le public était réservé au jeune et savant militaire que le major Fallot affectionnait le plus, à celui qu'il avait choisi pour répétiteur à l'école, au capitaine Lagrange enfin, qui déjà, dans la *Revue Militaire* (tome premier, pages 276-278, et tome 2, pages 135-141), avait rendu compte « de ce » bel ouvrage dont, suivant l'opinion toute prépondérante du » colonel Chapelié (1), il reviendra l'honneur, pour la Belgi-» que, d'avoir été la première à livrer à toutes les armées » modernes, un traité dans lequel des idées nouvelles, savam-» ment soutenues, se trouvent mêlées au résumé de tout ce » qui est connu dans l'art des fortifications, considérées sous » le point de vue le plus général. »

L'œuvre du major Fallot n'eut pas plus tôt pénétré en France, en Piémont, en Prusse, en Russie, que toutes les notabilités militaires de ces différents pays se mirent d'accord pour en faire l'éloge. Si l'auteur y laisse à désirer quelque chose, sous le rapport de l'ordre et de la distribution des matières, il serait difficile de pousser plus loin qu'il ne l'a fait cette lucidité de style nécessaire partout, mais principalement lorsqu'il est question d'écrits didactiques.

(1) Discours du colonel Chapelié, le 21 septembre 1842, sur la tombe du major Fallot. Deux autres discours furent également prononcés à cette pieuse cérémonie, l'un par M. De Puydt, colonel du génie, et l'autre par M. Brialmont, élève sous-lieutenant à l'école d'application.

Quoique Fallot, dans la confession pleine d'originalité, que nous avons mise sous les yeux de nos lecteurs, s'accuse de certain penchant à la vanité, il ne se montrait pas très-désireux de multiplier, sur sa poitrine, ces brillants hochets tant recherchés par de prétendus hommes de mérite, et dont les cours de notre vieille Europe sont maintenant si prodigues : on l'engageait, un jour, à faire l'envoi de son livre à quelques souverains étrangers, afin d'obtenir, en échange, des rubans et des croix ; un sourire empreint de cette malice philosophique qui donnait parfois tant d'expression à sa physionomie, fut sa seule réponse. Il croyait devoir se contenter des trois décorations, de France, de Hollande et de Belgique, qui lui rappelaient des services incontestables.

La carrière de l'enseignement ne l'absorbait pas assez pour qu'il ne se chargeât point, à la demande du ministre de la guerre, des projets de fortification de la place de Diest.

A propos de la neutralité (1) de la Belgique, il fit imprimer, en 1839, une brochure de 29 pages, dans laquelle il a su revêtir de formes ingénieuses des raisonnements remplis de logique et de sens.

Dès les premiers mois de l'année 1842, la maladie, qui minait insensiblement ses forces, devint telle qu'il lui fut impossible d'en cacher plus longtemps les progrès. Les soins d'un frère chéri, d'un frère que la science médicale place en première ligne, furent impuissants. Le malade désira faire l'essai des eaux de Wisbaden ; l'aspect des magnifiques paysages du Rhin sembla le ranimer un instant : le moral maîtrisait encore une fois le physique ; mais on ne guérit point de l'anévrisme au cœur. Les eaux n'apportèrent aucun soulagement à des maux incurables (2).

(1) *De la neutralité de la Belgique et de l'armée*, avec cette épigraphe : *qui se fait brebis, le loup le mange.* In-8o. Bruxelles, Demat, 1839.

(2) Le major Fallot a été nommé membre et secrétaire de la commission des *Annales des travaux publics*, par l'arrêté royal du 8 novembre 1841.

Il a rempli ses fonctions de secrétaire sans interruption, avec un zèle que malheureusement ne secondait pas sa santé, jusqu'au moment où il est parti pour les eaux de Wisbaden, dans l'été de 1842. — H. G.

Fallot, luttant contre la mort, voulut revoir la Hollande; il alla passer quinze jours près de Nimègue, chez une sœur qu'il avait toujours tendrement aimée. Puis l'impatience de se retrouver en Belgique s'empara de lui ; un de ses frères vint, de la Haye à Rotterdam, lui dire un adieu qui devait être éternel, et, de retour à peine dans la maison qu'il habitait au boulevard extérieur de l'observatoire, à Bruxelles, le mourant expira le 18 septembre 1842, vers quatre heures du soir.

Sa tombe fut arrosée de larmes sincères ; car il était lui-même ami trop vrai, trop dévoué, pour ne pas inspirer une amitié réelle à tous ceux qui le connaissaient. Sa mort fut un deuil public. Si l'on admirait le savant professeur, l'ingénieur habile, on éprouvait une vive sympathie pour l'homme aimable, pour l'excellent père de famille. Il fallait le voir entouré d'élèves, qui l'accompagnaient souvent jusque chez lui, toujours avides de l'entendre et de recueillir les conseils sortis de cette bouche révérée ; il fallait le voir surtout dans son intérieur, heureux de la tendresse que lui témoignaient une femme adorable par son dévouement, une fille douée de qualités angéliques et dont la précoce intelligence profitait si bien des leçons que son père se plaisait à lui donner : c'était véritablement un intérieur modèle.

On conçoit toute la douleur des objets de l'affection d'un tel homme, si regrettable et si généralement regretté.

DOCUMENTS ADMINISTRATIFS.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

PERSONNEL.

M. A. DECHAMPS, O. ✣, membre de la chambre des représentants, ministre des travaux publics, à l'hôtel du ministère.

Cabinet du ministre.

M. A. VERBRUGGHEN, secrétaire.

Secrétariat général.

MM. G. J. DE BAVAY, ✣, O. ✲, secrétaire général, chargé des travaux hydrauliques.

E. P. O'SULLIVAN, chef de bureau.

PREMIÈRE DIVISION.

Routes.

MM. F. BISSEROT, ingénieur en chef de 2e classe au corps des ponts et chaussées, chef de division.

P. J. DEVLESSCHOUDERE, chef de bureau.

DEUXIÈME DIVISION.

Chemins de fer en exploitation.

MM. L. J. MAHAUDEN, ingénieur ordinaire de 2e classe au corps des ponts et chaussées, chef de division.

L. F. J. GRENON, chef de bureau.

TROISIÈME DIVISION.

Administration des mines.

MM. A. Visschers, ✠, conseiller honoraire au conseil des mines, directeur.
L. C. A. Chicora, chef de bureau.

QUATRIÈME DIVISION.

Postes.

MM. C. F. J. Bareel, ✠, chef de division.
M. T. D'Aldin, chef de bureau.
A. J. C. B. De Ryckmann, —
R. J. G. Van de walle —

CINQUIÈME DIVISION.

Personnel et comptabilité.

MM. P. J. Stas, chef de division.
F. Gendebien, chef de bureau.

SIXIÈME DIVISION.

Chemins de fer en construction.

MM. G. F. Grosfils, ✠, ingénieur ordinaire de 1re classe au corps des ponts et chaussées, chef de division.
. . . . . chef de bureau.

COMMISSION DIRECTRICE DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS.

MM. le baron Évain, lieutenant-général, ministre d'État, *président;*
Teichmann, inspecteur général des ponts et chaussées, *vice-président;*

De Moor, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées;
H. Guillery, ingénieur ordinaire de 1re classe id., *secrétaire provisoire;*
Frédérix, lieutenant-colonel d'artillerie, directeur de la fonderie royale de canons, à Liége;
La Hure, capitaine-lieutenant de vaisseau;
Aug. Visschers, directeur de l'administration des mines, conseiller honoraire au conseil des mines;
Quetelet, directeur de l'observatoire à Bruxelles;
Devaux, inspecteur général des mines;
Lamarle, professeur et inspecteur des études à l'école spéciale du génie civil, à Gand.

Par disposition ministérielle du 10 juin 1842, M. J. Du Pré, ingénieur ordinaire de 3e classe au corps des ponts et chaussées, a été nommé *secrétaire-adjoint.*

PONTS ET CHAUSSÉES.

ÉTAT GÉNÉRAL DU PERSONNEL ET DES EMPLOYÉS ADJOINTS A CE CORPS, AU 1er JANVIER 1843.

INSPECTION GÉNÉRALE.

MM. T. J. TEICHMANN, O. ✠, O. ✲, ✠, décoré de l'ordre de l'aigle rouge de Prusse, inspecteur général, rue de Schaerbeek, n° 131, à Bruxelles.
D'Oldenneel, ingénieur ordinaire de 2e classe.
Rombaux, sous-ingénieur.
Stevens, conducteur de 1re classe.
Renaud, — 2e —
Dethy, — 3e —

INSPECTIONS DIVISIONNAIRES.

PREMIÈRE DIVISION.

M. J. B. Vifquain, O. ✠, ✲, ✠, décoré de l'ordre de l'aigle rouge de Prusse, inspecteur divisionnaire, à Bruxelles.

La 1re division comprend le service ordinaire des provinces d
bant, Liége, Limbourg, les services spéciaux dans les mêmes pro
la surveillance sur la ligne du chemin de fer en exploitation part
Bruxelles et aboutissant à la frontière prussienne, y compris l'em
chement de Landen à St.-Trond, et le canal de Charleroy.

MM. H. Moreau, conducteur de 1re classe.
J. B. Penant, — —

DEUXIÈME DIVISION.

M. J. F. Noel, O. ✠, ✠, inspecteur divisionnaire, à Brux

La 2e division comprend le service ordinaire des provinces d'A
de la Flandre occidentale et de la Flandre orientale, les service
ciaux dans les mêmes provinces, les études du projet d'un chem
fer de Bruges à Ypres, par Thielt, Ingelmunster et Roulers, ave
branchement d'Ingelmunster à Courtray, et la surveillance sur la
du chemin de fer en exploitation partant de l'Escaut, à Anvers,
dirigeant, par Malines et Gand, d'une part, vers Ostende, et, d'autre
vers la frontière française, avec embranchement vers Tournay.

TROISIÈME DIVISION.

MM. F. J. De Moor, O. ✠, ✠, ✠, inspecteur divisionnair
Bruxelles.

La 3e division comprend le service ordinaire des provinces de Hai
Luxembourg et Namur, les services spéciaux dans les mêmes provi
les études de projets de chemins de fer dans l'entre-Sambre-et-M
de Tournay à Jurbise, et de Manage à Mons par les houillères du ce
avec embranchement vers Houssu, Haine-St.-Pierre, Marlemont et
coup, et la surveillance sur la ligne du chemin de fer en exploit
partant de Bruxelles et se dirigeant, par Mons, vers la frontière fran
ainsi que sur la branche de Braine-le-Comte à Namur.

D. Wilwert, conducteur de 3e classe.

SERVICES ORDINAIRES ET SPÉCIAUX.

PROVINCE D'ANVERS.

MM. De Dobbeleer, ✠, ingénieur en chef de 2e classe, à An
Vandevelde, ✠, ingénieur ordinaire de 1re classe, à Mali
Goddyn, ingénieur ordinaire de 3e classe, à Anvers.
Stoop, conducteur de 1re classe.
Gerardi, — 2e —

MM. COLPAERT, conducteur de 2e classe.
HEYMANS, — 3e —
WAEGHEMANS, — —

PROVINCE DE BRABANT.

Service ordinaire.

MM. WILLMAR, ✠, ingénieur en chef de 1re classe, à Bruxelles.
O'SULLIVAN, ingénieur ordinaire de 1re classe, à Bruxelles.
MAUS, ✠, ingénieur ordinaire de 1re classe, à Bruxelles.
CAREZ (M.), ingénieur ordinaire de 3e classe, à Bruxelles.
FALLA, conducteur de 1re classe.
PINSART, — 2e —
MALLET, — —
MOREAU, (P.-J.) — 3e —
MOTTIN, — —
CRETS, — —
VAN VRECKOM, — —
RICAILLE, — —
BESME, — —
VIEUXJEAN, — —
DECLERCQ(Constant), — —
HETTEN, — —
VANHOEGAERDEN, — —

Service spécial.

CANAL DE CHARLEROY.

MM. VIFQUAIN, inspecteur divisionnaire, à Bruxelles.
THOREL, faisant fonctions de conservateur.
NEF (J. B.), conducteur de 2e classe.
NEF (Ferd.), — —
PETIT, — 3e classe.

SERVICE SPÉCIAL DU DEMER ET DE LA DYLE.

I. CAREZ (Eugène), sous-ingénieur adjoint, à Bruxelles.

PROVINCE DE LA FLANDRE OCCIDENTALE.

Service ordinaire.

MM. De Brock, ✠, ingénieur en chef directeur, à Bruges.
Vanderheyden-a-hauzeur, sous-ingénieur, à Ypres.
Declercq (Ph.), sous-ingénieur, à Bruges.
Bernard, — à Ostende.
Laurensius, — à Bruges.
Boudin, — à Nieuport.
Declercq (J.-L.), conducteur de 1re classe.
Jonckheere, — 2e —
Kempynck, — —
Defawe, — —
Seresia, — 3e —
Simon, — adj. —

Service spécial.

CANAL DE ZELZAETE.

MM. De Brock, ✠, ingénieur en chef directeur, à Bruges.
Forret, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Bruges.
Van Meus, ingénieur-adjoint de 3e classe, à Bruges.

PROVINCE DE LA FLANDRE ORIENTALE.

Service ordinaire.

MM. Wolters, ingénieur en chef de 2e classe, à Gand.
Lemmen, ingénieur ordinaire de 1re classe, à Termonde.
Williame, ingénieur ordinaire de 3e classe, à Gand.
Deperre, — —
Colson, sous-ingénieur, à Gand.
De Rudder, conducteur de 1re classe.
Garnier, — —
Taquet, — 2e —
Diegerick, — —
Wellen, — —
Maes, — —
Poppe, — —
Cambier, — —
Segers, — —

SERVICE SPÉCIAL DE L'ESCAUT.

MM. De Rudder, conducteur de 1re classe, maître de port, à Gand.
Garnier, — — à Audenaerde.

PROVINCE DE HAINAUT.

Service ordinaire.

MM. Gernaert, ✠, ingénieur en chef de 1re classe, à Mons.
Fumière, ingénieur ordinaire de 1re classe, à Tournay.
Harpignies, — — à Charleroy.
Gombert, sous-ingénieur, à Mons.
Huriau, sous-ingénieur adjoint, à Mons.
Heindryckx, conducteur de 1re classe.
Herouet, — —
Canivet (S.), — —
Scheepers, — 2e —
Hannecart, — —
Gilly, — —
De Befve, — 3e —
Mathioli, — —
Cordier, — —
Dewinter, — —
Giroux, — —
Lallement, — —

Services spéciaux.

ÉTUDES RELATIVES À L'AMÉLIORATION DE LA DENDRE.

MM. Gernaert, ✠, ingénieur en chef, à Mons.
Wellens, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Mons.
Pierart, conducteur de 2e classe, conservateur.

SERVICE DE L'ESCAUT.

MM. Gernaert, ✠, ingénieur en chef, à Mons.
Lefèvre, conducteur de 1re classe, conservateur.

SERVICE DE LA SAMBRE.

M. Groulard (H.-J.), conducteur de 1re classe, conservateur.

SERVICE DU CANAL DE MONS A CONDÉ.

M. Descamps (Alfred), conducteur de 2e classe, conservateur.

CANAL DE CHARLEROY.

(Voir la province de Brabant).

PROVINCE DE LIÉGE.

Service ordinaire.

MM. Gérardot De Sermoise, ✠, ingénieur en chef de 2e clas
à Liége.
Halkin, ingénieur ordinaire de 1re classe, à Liége.
Desmarais, — 2e —
Hanquet, — 3e classe, à Grivegnée.
Gille, conducteur de 1re classe.
Despineto, — —
Courtois (J.B.), — 2e classe.
Groulard (V. J.), — —
Bombeke, — —
Dupont, — —
Guilmot, — 3e classe.
Baré, — —
Lumen, — —
Monami, — —
Claes, — —

Services spéciaux.

DÉRIVATION DE LA MEUSE ET STATION INTÉRIEURE, A LIÉGE.

MM. Gérardot De Sermoise, ingénieur en chef, à Liége.
Masson, ingénieur ordinaire de 3e classe, à Liége.
Criquelion, conducteur de 2e classe.
Courtois (H.), — 3e classe.

SERVICE DE LA MEUSE DANS LES PROVINCES DE LIÉGE ET DE NAMUR.

MM. Guillery (H), ingénieur ordinaire de 1re classe, à Jemep
sur-Meuse.
Splingard, ✠, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Namur.
Schorn, conducteur de 2e classe.

MM. Michaux, conducteur de 3e classe.
Adam, — —
Daubresse, — —

PROVINCE DE LIMBOURG.

Service ordinaire.

MM. Guioth, ingénieur en chef de 2e classe, à Hasselt.
Depermentier, sous-ingénieur, à Hasselt.
Haumont, conducteur de 2e classe.
Jaminé. — —
Bonhomme, — —
Traets, — —
Decreft, — 3e
Lejeune, — —
Theunens, — —

Service spécial.

CANALISATION DE LA CAMPINE, SERVICE DE LA MEUSE ET DU CANAL DE MAESTRICHT A BOIS-LE-DUC.

MM. Kummer, ✲, ingénieur en chef de 2e classe, à Hocht.
Houbotte, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Hasselt.
Spaak, — — à Herenthals.
Delhoungne, — 3e classe adjoint, à Hasselt.
Zuber, sous-ingénieur, à Anvers.
Pierard, sous-ingénieur adjoint, à Hasselt.
Delgotal, conducteur de 2e classe.
Stienon, — —
Deltour, — — adjoint.
Simonis, — 3e classe.
Descamps(Edm), — —
Keelhoff, — —
Didier, — —
Wybauw, — — adjoint.
Vergauwen, — — —

PROVINCE DE LUXEMBOURG.

Service ordinaire.

MM. Dutreux, ingénieur ordinaire de 1re classe, faisant fonctions d'ingénieur en chef, à Arlon.

MM. De Grandvoir, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Arlon.
Cordonnier, — — —
Lamury, conducteur de 2e classe.
Trouet, — —
Jacques, — 3e classe.
Maciejowski, — —
Bassing, — —
Tielemans, — —
Besseling, — —

Service spécial.

ROUTES NEUVES DU LUXEMBOURG, (*crédit spécial de 2 millions*).

MM. Dutreux, ingénieur ordinaire de 1re classe, à Arlon.
Cognioul, sous-ingénieur, à Marche.
Lambert (Toussaint), — à Virton.
Rogier, conducteur de 2e classe.
Balbeur, — —
Goedert, — 3e classe.
Schanus, — —
Trouet, — —
D'Huart, — — adjoint.
De Moor, — — —

PROVINCE DE NAMUR.

Service ordinaire.

MM. Godin, ✠, ingénieur en chef de 1re classe, à Namur.
Dejaer, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Namur.
Dumon, — — à Dinant.
Beckers, conducteur de 1re classe.
Fontaine, — 2e —
Delahaye (J.-B.), — —
Colart, — —
Braibant, — —
Delhaise, — —
Degreny, — —

MM. Despreetz, conducteur de 3e classe.
Dispaux, — —
Misonne, — —
Geevaert, — —

SERVICE SPÉCIAL DE LA SAMBRE.

M. Wincq, conducteur de 1re classe, conservateur.

SERVICE SPÉCIAL DE LA MEUSE.

(Voir la province de Liége).

ADMINISTRATION DES CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

M. Masui, O. ✠, ✠, ✠, chevalier de l'ordre du prince Ernest de Saxe-Cobourg, décoré de l'ordre de l'aigle rouge de Prusse, inspecteur divisionnaire, directeur, à Bruxelles.

MM. Delahaye, (A.-J.) ingénieur en chef de 2e classe, à Bruxelles.
Cabry, ✠, ingénieur en chef de 2e classe adjoint, à Bruxelles.
Petitjean (P.-J.), ✠, ingénieur ordinaire de 1re classe, à Ensival.
Poncelet, ✠, ingénieur ordinaire de 1re classe adjoint, faisant fonctions d'ingénieur en chef, à Bruxelles.
Ragheno, ingénieur ordinaire de 1re classe adjoint, à Malines.
Menu, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Tirlemont.
Belpaire (Alph.), — — à Bruxelles.
Prisse (Ed.), — — adjoint, à Bruxelles.
Stevens, — — — à Fraipont.
Fischer, — — — à Bruxelles.
Kreglinger, — — — à Malines.
Gambon, — — 3e classe adjoint, à Bruxelles.
Van Moere, — — — à Gand.
Hodson, ✠, — — — à Liége.
Delwarde, — — — à Bruxelles.
Ubaghs, — — — à Dolhain.

MM. Belpaire (Alfr.), sous-ingénieur adjoint, à Malines.
Weverbergh, — — — à Bruxelles.
Malécot, — — — —
Rousseau (F.V.), — — — à Mouscron.
Boulay, — — — à Marchienne.
Gobert, — — — à Bruxelles.
Leclercq, — — — à Chaudfontain
Vinchent — — — à Malines.
Van Esschen, — — — à Bruxelles.
Verdonck, conducteur de 1re classe.
Thibesard, — —
Muls, — —
Van Ringh, — —
Mottequin, — — adjoint.
Stobbart, — — —
Dietz, — — —
Sano, — 2e classe.
Basse, — —
Lamquet, — —
Silvais, — —
Waleff, — — adjoint.
Wasseige. — — —
Dupont, — — —
Maertens (J.), — — —
Godenne, — — —
Brockmann, — — —
Blonden, — — —
Petitjean (J.J.), — 3e classe.
Thein, — —
Wantzel, — —
Guinotte, — —
Dehase, — — adjoint.
Missalle, — — —
Pairou, — — —
Roeyers, — — —
Thiry, — — —
Gillis, — — —
Maurissen, — — —

MM. Verhulst, conducteur de 3e classe.
Yzebrandt, — —
Vandevelde (J.H.V.), — —
Candèze, — —
Prisse (A.P.J.), — —
Coppens, — —
Brialmont, — —
Janssens, aspirant conducteur adjoint.

STATION COMMERCIALE ET AGRANDISSEMENT DE L'ENTREPÔT D'ANVERS,
SOUS LES ORDRES SUPÉRIEURS DE M. LE DIRECTEUR DE L'ADMINISTRATION DES CHEMINS DE FER EN EXPLOITATION.

MM. Demarbaix, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Anvers.
Crepin, sous-ingénieur, à Anvers.
Engels, conducteur de 1re classe.

ÉTUDES DE L'AVANT-PROJET DU PROLONGEMENT DU CHEMIN DE FER DE SAINT-TROND JUSQU'A HASSELT.

MM. Groetaers, ✠, ingénieur en chef de 2e classe, à Bruxelles.
Grosfils (J.J.A.), sous-ingénieur adjoint, à Hasselt.

ÉTUDES POUR L'ÉTABLISSEMENT D'UN CHEMIN DE FER DANS L'ENTRE-SAMBRE-ET-MEUSE,
SOUS LA DIRECTION SUPÉRIEURE DE M. L'INSPECTEUR DIVISIONNAIRE De Moor.

M. Magis, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Charleroy.

ÉTUDES DU PROJET DÉFINITIF DU CHEMIN DE FER DESTINÉ A RELIER TOURNAY A LA LIGNE DU MIDI,
SOUS LA DIRECTION SUPÉRIEURE DE M. L'INSPECTEUR DIVISIONNAIRE De Moor.

MM. Desart, ✠, ingénieur en chef de 2e classe, à Courtray.
Drugmand, sous-ingénieur adjoint, à Ath.
Toeffaert, conducteur de 3e classe.
Vander Elst (Lucien), aspirant conducteur adjoint.

ÉTUDES DU PROJET DE CHEMIN DE FER DE MANAGE A MONS.

MM. De Moor, O. ✠, ✢, ✲, inspecteur divisionnaire, à Bruxelles.
Denis, sous-ingénieur adjoint, à Fayt.

THOMAS (C.), conducteur de 2e classe, à Fayt.
CANIVET (J.), aspirant conducteur adjoint.

ÉTUDES DU CHEMIN DE FER DE LOUVAIN A LA SAMBRE.

MM. DANDELIN (Ach.), ingénieur ordinaire de 3e classe, à Bruxelles.
DE AGUILAR, conducteur de 2e classe.
DANDELIN (L.), conducteur de 1re classe adjoint.

ÉTUDES DES PROJETS DE CHEMINS DE FER DANS LA PROVINCE DE LA FLANDRE OCCIDENTALE,

SOUS LA DIRECTION SUPÉRIEURE DE M. L'INSPECTEUR DIVISIONNAIRE NOEL.

MM. LEBENS, ingénieur ordinaire de 2e classe, à Tournay.
VANDELOO, conducteur de 3e classe.
VANDER ELST (C.), — —

SERVICE DES BATIMENTS CIVILS.

MM. ROGET, ✲, ✣, ingénieur en chef de 1re classe, à Bruxelles.
DU PRÉ, ingénieur ordinaire de 3e classe, à Bruxelles.
BODET, sous-ingénieur, à Bruxelles.
ROUSSEAU (J.-J.), conducteur de 2e classe.
PONCELET, — 3e classe.
BEKAERT, — —

Ingénieur et conducteurs attachés à l'école du génie civil.

MM. MANILIUS, ingénieur ordinaire de 2e classe, répétiteur à Gand.
CROCQ, conducteur de 2e classe, surveillant.
GESWEIN, — 3e classe. —
GUILLERY (Ch.), — — —

Ingénieur et conducteurs en congé illimité.

MM. DERIDDER (G.), O. ✣, ✲, ingénieur en chef de 2e classe.
DE CONINCK, conducteur de 3e classe.
THOMAS (A.). — —

Ingénieur en disponibilité.

M. MAES DE ZUTTER, ingénieur ordinaire de 1re classe.

Ingénieurs attachés au ministère des travaux publics.

MM. Bisserot, ingénieur en chef de 2e classe, chef de division.
Grosfils (G.-F.), ✠, ingénieur ordinaire de 1re classe, chef de division.
Mahauden, ingénieur ordinaire de 2e classe, chef de division.

Ingénieur en service général.

M. Maurice Philippe, ✠, ingénieur en chef de 1re classe, à Bruxelles.

TABLEAU

PAR GRADE ET RANG D'ANCIENNETÉ DES INGÉNIEURS DES PONTS ET CHAUSSÉES EN ACTIVITÉ.

INSPECTEUR GÉNÉRAL.

	DATE DE LA PROMOTION.
M. TEICHMANN, O, ✠, O. ✲, ✱ décoré de l'aigle rouge de Prusse.	9 octobre 1830.

INSPECTEURS DIVISIONNAIRES.

MM. Vifquain, O. ✠, ✲, ✱, décoré de l'aigle rouge de Prusse.	26 juin 1829.
De Moor, O. ✠, ✠, ✲.	15 octobre 1838.
Noel, O. ✠, ✱	—
Masui, O. ✠, ✠, ✲, chevalier de l'ordre du prince Ernest de Saxe-Cobourg, décoré de l'ordre de l'aigle rouge de Prusse	15 avril 1843.

INGÉNIEURS EN CHEF DE 1re CLASSE.

MM. De Brock, ✠, directeur	4 août 1825.
Maurice Philippe, ✠	22 novembre 1834.
Roget, ✲, ✠.	—
Gernaert, ✠	15 juillet 1842.
Godin, ✠.	30 juillet 1843.
Willmar, ✠	—

INGÉNIEURS EN CHEF DE 2e CLASSE.

	DATE DE LA PROMOTION.
MM. De Dobbeleer, ✠	22 mai 1833.
Groetaers, ✠	3 septembre 1838.
Kummer, ✠	15 juillet 1842.
Wolters	—
Gérardot de Sermoise, ✠	—
Delahaye (A. J.)	13 avril 1843.
Desart, ✠	17 juillet 1843.
Bisserot	30 juillet 1843.
Guiot	—

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE 1re CLASSE.

MM. Vandevelde, ✠	25 décembre 1816
Halkin	22 mai 1833.
Fumière	28 février 1838.
Dutreux	10 août 1839.
Grosfils (G.F.), ✠	5 avril 1840.
Guillery (H.)	—
Harpignies	15 juillet 1842.
Lemmen	30 juillet 1843.
Petitjean (P.J.), ✠	—
O'Sullivan	—
Maus, ✠	—

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE 2e CLASSE.

MM. Manilius	11 juin 1836.
Menu	6 avril 1839.
Wellens	—
D'Oldenneel	—
Magis	18 mars 1840.
De Grandvoir	5 avril 1840.
Demarbaix	29 août 1840.
Splingard, ✠	19 décembre 1841.
Forret	15 juillet 1842.
Cordonnier	—
Houbotte	—

	DATE DE LA PROMOTION.
MM. Dejaer	15 juillet 1842.
Spaak	—
Belpaire (Alph.)	—
Lebens.	13 novembre 1842.
Mahauden.	10 février 1843.
Desmarais.	30 juillet 1843.
Dumon	—

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE 3e CLASSE.

MM. Williame	24 juillet 1837.
Hanquet	—
Deperre	31 décembre 1837.
Masson	30 juillet 1843.
Dandelin (A.)	—
Carez (M.).	—
Goddyn	—
Du Pré	—

SOUS-INGÉNIEURS.

MM. Zuber	28 février 1838.
Vanderheyden-a-Hauzeur	10 août 1839.
Declercq	12 mars 1840.
Bodet	5 avril 1840.
Gombert	—
Cognioul	—
Lambert	14 mai 1841.
Crépin.	—
Bernard	—
Laurensius.	15 juillet 1842.
Depermensier	—
Boudin.	30 juillet 1843.
Colson.	25 septembre 1843.
Rombaux	8 septembre 1844.
Dedier.	—

TABLEAU

PAR GRADE ET RANG D'ANCIENNETÉ DES INGÉNIEURS ADJOINTS AU CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES.

INGÉNIEUR EN CHEF DE 2e CLASSE.

	DATE DE LA PROMOTION
M. Cabry, ✠	24 juillet 1837.

INGÉNIEURS DE 1re CLASSE.

MM. Poncelet	4 avril 1840.
Ragheno	17 juillet 1843.

INGÉNIEURS DE 2e CLASSE.

MM. Prisse.	14 mai 1841.
Stevens	17 juillet 1843.
Fischer	30 juillet 1843.
Kreglinger	—

INGÉNIEURS DE 3e CLASSE.

MM. Gambon	10 janvier 1838
Vanmoere.	19 juillet 1841.
Hodson, ✠	—
Delhoungne	13 novembre 18[illegible]
Van Meus	—
Delwarde	30 janvier 1843
Ubaghs.	7 juillet 1844.

SOUS-INGÉNIEURS.

MM. Belpaire	14 mai 1841.
Weverbergh	19 juillet 1841.
Denis	19 décembre 184
Malécot	15 juillet 1842.
Rousseau	13 novembre 184[illegible]
Boulay	—
Gobert	—

	DATE DE LA PROMOTION.
MM. Leclercq	17 juillet 1843.
Grospils (J.J.A.)	—
Pierard	30 juillet 1843.
Vincent	31 octobre 1843.
Carez (Eug.)	7 juillet 1844.
Van Esschen	—
Huriau	6 août 1844.
Druchand	—

TABLEAU

PAR GRADE ET RANG D'ANCIENNETÉ DES CONDUCTEURS DES PONTS ET CHAUSSÉES.

CONDUCTEURS DE 1re CLASSE.

MM. Heindryckx	30 août 1831.
Moreau	22 mars 1835.
Wincq	12 mai 1837.
Gille	—
De Rudder	19 juillet 1837.
Stoop	24 juillet 1837.
Verdonck	—
Groulard (H.J.)	—
Declercq	—
Herouet	24 juillet 1837.
Despineto	11 août 1839.
Penant	—
Engels	28 décembre 1839.
Stevens	—
Garnier	5 avril 1840.
Van Praet	6 avril 1840.
Beckers	—
Lefevre	10 avril 1841.
Pellement	—
Falla	15 juillet 1842.
Thibesard	—

		DATE DE LA PROMOTION
MM.	MULS	13 novembre 1842.
	CANIVET (S.)	15 avril 1843.
	VAN RINGH	10 octobre 1843.
	JONCKHEERE	4 décembre 1844.

CONDUCTEURS DE 2e CLASSE.

MM.	HAUMONT	30 août 1831.
	GÉRARDI	—
	COURTOIS	—
	NEF (J.B.)	12 mai 1837.
	TAQUET	—
	FONTAINE	6 juillet 1837.
	JAMINÉ	—
	DELAHAYE (J.B.)	15 mars 1838.
	LAMURY	—
	SCHEEPERS	30 octobre 1838.
	PINSART	31 janvier 1839.
	COLART	11 août 1839.
	SCHORN	—
	DIEGERICK	—
	GROULARD (V.J.)	—
	SANO	17 septembre 1839.
	BOMBEKE	6 avril 1840.
	TROUET	—
	BRAIBANT	—
	BONHOMME	10 avril 1841.
	WELLEN	—
	HANNECART	—
	NEF (Ferd.)	—
	PIERART	—
	DELHAISE	—
	BASSE	—
	ROGIER	—
	KEMPYNCK	—
	DE AGUILAR	—
	DEGRENY	—
	DUPONT	—

	DATE DE LA PROMOTION.
M. Gilly	10 avril 1841.
Thomas	—
Renaud	—
Mallet	—
Descamps (Alfred)	—
Lamquet	—
Maes	—
Crocq	15 juillet 1842.
Colpaert	—
Rousseau	—
Silvais	—
Balbeur	13 novembre 1842.
Delgotal	—
Criquelion	—
Stienon	—
Defawe	15 avril 1843.
Guinotte	21 juin 1844.

CONDUCTEURS DE 3e CLASSE.

MM. Jacques	26 mai 1836.
Poncelet	—
De Befve	—
De Koninck	—
Seresia	—
Moreau (P.J.)	—
Mathioli	11 juin 1836.
Michaux	29 décembre 1836.
Cordier	12 mai 1837.
Maciejowski	—
Bassing	—
Heymans	—
Adam	—
Mottin	—
Poppe	—
Traets	—
Decreft	—
Crets	—

	DATE DE LA PROMOTION.
MM. Van Vreckom.	12 mai 1837.
Guilmot	—
Petit	24 juillet 1937.
Baré	15 mars 1838.
Thomas	—
Petitjean (J.J.)	13 juillet 1838.
Dewinter.	17 novembre 1838.
Goedert	11 août 1839.
Dethy.	—
Geswein	—
Ricaille	—
Lumen	—
Schanus	—
Cambier	30 septembre 1839
Thein	—
Wantzel.	—
Daubresse.	11 février 1840.
Tielemans.	—
Monami	—
Besme	—
Giroux.	—
Guillery (Charles)	—
Segers.	6 avril 1840.
Vieux-Jean	—
Vandeloo.	—
Lejeune	—
Wilwerth	—
Despreetz.	10 avril 1841.
Theunens.	—
Besseling	—
Claes	—
De Clercq.	—
Simonis	—
Descamps (E.).	—
Keelhoff.	—
Lallement	—
Courtois	—

		DATE DE LA PROMOTION.
MM.	Hetten.	10 avril 1841.
	Toeffaert.	—
	Didier.	—
	Dispaux	—
	Vander Elst (C.).	—
	Vanhoegaerden	—
	Waeghemans.	15 juillet 1842.
	Bekaert	—
	Trouet.	—
	Misonne	1er octobre 1843.
	Gevaert	8 septembre 1844.

TABLEAU

PAR GRADE ET RANG D'ANCIENNETÉ DES CONDUCTEURS-ADJOINTS AU CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES.

MM.	Stobbart	24 juillet 1837.
	Dandelin (L.).	10 avril 1841.
	Mottequin	—
	Dietz	—

CONDUCTEURS DE 2e CLASSE.

MM.	Waleff	10 avril 1841.
	Wasseige	14 juillet 1841.
	Dupont	—
	Deltour	15 juillet 1842.
	Maertens (J).	13 novembre 1842.
	Godenne	20 décembre 1842.
	Brockmann	29 juillet 1843.
	Blonden	7 juillet 1844.

CONDUCTEURS DE 3e CLASSE.

MM.	Simon	1er juin 1836.
	Debase.	29 avril 1839.
	Missale	10 avril 1841.
	Pairoc.	10 août 1842.

		DATE DE LA PROMOTION.
MM.	Wybauw	5 décembre 1842.
	Vergauwen	—
	Roeyers	20 décembre 1842.
	Thiry	20 mars 1843.
	Gillis	—
	Maurissen.	—
	Verhulst	—
	Yzebrandt	—
	Fleury.	—
	Vandevelde	15 avril 1843.
	Candèze	4 mai 1844.
	Prisse (A.P.J.)	—
	Coppens	—
	Brialmont	—
	D'Huart	8 août 1844.
	De Moor	—
	Girardin	16 novembre 1844

ASPIRANTS-CONDUCTEURS.

MM.	Janssens	10 avril 1841.
	Canivet (J.)	8 août 1844.
	Vander Elst	—

TABLEAU DU PERSONNEL DES INGÉNIEURS DES MINES

AU 1er JANVIER 1845.

A. D'APRÈS LE RANG ET L'ANCIENNETÉ.

INSPECTEUR GÉNÉRAL.

		DATE DE LA DERNIÈRE NOMINATION.
M.	Devaux (J.-A.-J.), ✠.	10 juin 1844.

INGÉNIEURS EN CHEF.

MM.	Gonot (J.), ✠, ingén. en chef de 1re classe.			10 juin 1844.
	Wellekens (C.-B.), ✠	—	2e —	—
	Gernaert (J.), ✠	—	—	22 octobre 184[illegible]
	Gautier (A.-F.)	—	—	—

INGÉNIEURS ORDINAIRES.

			DATE DE LA DERNIÈRE NOMINATION.
MM.	DELNEUFCOUR (P.-J.), ✠,	ing. de 1re classe.	4 janvier 1839.
	BIDAUT (J.-G.-E.), ✠	— —	26 mars 1842.
	DURIEUX (P.-J.)	— 2e classe.	4 décembre 1835.
	MUESELER (M.-L.)	— —	8 août 1842.
	DETHIER (C.-F.)	— —	22 octobre 1844.
	RUCLOUX (J.-A.-J.)	— —	—
	JOCHAMS (F.)	— —	—

SOUS-INGÉNIEURS.

MM.	DE CRASSIER (P.-A.).	31 décembre 1837.
	TOILLIEZ (A.-A.-F.)	4 janvier 1839.
	PONCELET (J.-B.).	16 décembre 1839.
	LAGUESSE (E.).	5 mai 1841.
	TRASENSTER (L.)	26 mars 1842.
	BARBIÈRE (G.-J.)	25 septembre 1843.

CONDUCTEURS.

MM.	DEFLANDRE (L.-J.),	conducteur de 1re classe.	30 mars 1841.
	LHOEST (A.)	— —	21 mars 1842.
	GÉRARD (D.)	— —	—
	DEFIZE (E.)	— —	24 août 1844.
	QUOILIN (C.-L.-X.)	— 2e classe.	31 octobre 1835.
	ROCOUR (M.-F.)	— —	30 mars 1841.
	DUPONT (F.-J.)	— —	—
	ELOIN (F.)	— —	—
	BEAUJEAN (J.-A.-J.-E.)	— —	—
	DEJAER (C.-A.)	— —	—
	BERCHEM (F.)	— —	21 mars 1842.
	RANSY (A.)	— —	—
	DECHAMPS (L.)	— —	—
	BEER (C.)	— —	24 août 1844.
	FLAMACHE (V.)	— 3e classe.	17 décembre 1838.
	LAMBERT (G.)	— —	4 novembre 1839.

			DATE DE LA DERNIÈRE NOMINATION.
MM.	GODIN (A.)	conducteur de troisième classe.	4 novembre 1839.
	FLAMACHE (J.)	— —	—
	TOILLIEZ (D.)	— —	—
	CASTELAIN (L.)	— —	—
	LAMBERT (C.)	— —	31 mars 1841.
	BOUGNET (E.)	— —	—
	SCARCERIAUX (L.-J.)	— —	21 mars 1842.
	SADIN (A.)	— —	—
	HAMAL (C.-L.)	— —	—
	VANSCHERPENZEEL-THIM (J.-H.)	—	—
	CLÉMENT (C.)	— —	—
	DE SIMONY (H.)	— —	—
	FABRY (H.-J.-A.)	— —	—
	DAWANCE (J.-A.-L.)	— —	30 avril 1843.
	GILLOT (G.-L.-J.)	— —	—
	CHAUDRON (J.)	— —	—
	BOUHY (V.)	— —	30 juin 1844.

B. D'APRÈS LA RÉPARTITION DU SERVICE.

INSPECTION GÉNÉRALE.

MM. DEVAUX (J.-A.-J.), ✠, inspecteur général, à Bruxelles.
DEFLANDRE (L.-J.), conducteur de 1re classe, —

PREMIÈRE DIVISION. — PROVINCE DE HAINAUT.

MM. GONOT (J.), ✠, ingénieur en chef de 1re classe, à Mons.
DETHIER (C.-F.), ingénieur de 2e classe, —
SCARCERIAUX (L.-J.), conducteur de 3e classe, —
BOUHY (V.), — — —

1er DISTRICT. — ARRONDISSEMENTS DE MONS ET DE TOURNAY.

MM. DELNEUFCOUR (P.-J.), ✠, ingénieur de 1re classe, à Mons.
TOILLIEZ (A.-A.-F.), sous-ingénieur, —
TOILLIEZ (D.), conducteur de 3e classe, —

MM. Lambert (G.), conducteur de 3e classe, à Mons.
Castelain (L.), — —
Bougnet (E), — —
Sadin (A.), — —
Hamal (C.-L.), — —
Chaudron (J.), — —

2e district. — arrondissement de charleroy.

MM. Jochams (F.), ingénieur de 2e classe, à Charleroy.
Dechamps (L.), conducteur de 2e classe, —
Ransy (A.), — —
Godin (A.), — 3e classe, —
Flamache (J.-P.-J.-H.), — —
Lambert (C.-J.-J.), — —
Fabry (H.-J.-A.), — —

deuxième division. — provinces de namur et de luxembourg.

MM. Gautier (A.-F.), ingénieur en chef de 2e classe, à Namur.
De Crassier (P.-A.), sous-ingénieur, —

3e district. — province de namur.

MM. Rucloux (J.-A.-J.), ingénieur de 2e classe, à Namur.
Eloin (F.), conducteur de 2e classe, —
Berchem (F.), — —
Quoilin (C.-L.-X.), — à Philippeville.
De Simony (H.), — 3e classe, à Namur.

4e district. — province de luxembourg.

MM. Poncelet (J.-B.), sous-ingénieur, faisant fonctions d'ingénieur, à Arlon.
Clément (C.), conducteur de 3e classe, à Arlon.

troisième division. — province de liége.

MM. Wellekens (C.-B.), ✠, ingénieur en chef de 2e classe, à Liége.
Barbière (G.-J.), sous-ingénieur, —
Flamache (V.), conducteur de 3e classe, —

5e DISTRICT.—RIVE GAUCHE DE LA MEUSE, SAUF L'ARRONDISSEMENT DE HUY.

MM. BIDAUT (J.-G.-E.), ✠, ingénieur de 1re classe, à Liége.
LAGUESSE (E.), sous-ingénieur, —
LHOEST (A.), conducteur de 1re classe, —
DEFIZE (E.), — —
BEAUJEAN (J.-A.-J.-E.), — 2e classe, —
GILLOT (G.-L.-J.), — 3e classe, —

6e DISTRICT. — RIVE DROITE DE LA MEUSE, SAUF L'ARRONDISSEMENT DE HUY.

MM. GERNAERT (J.), ✠, ingénieur en chef de 2e classe, à Liége.
DEJAER (C.-A.), conducteur de 2e classe, —
DUPONT (F.-J.), — —
BEER (C.), — —
VAN SCHERPENZEEL-THIM (J.), — 3e classe, —
DAWANCE (J.-A.-L.), — —

7e DISTRICT. — ARRONDISSEMENT DE HUY.

MM. MUESELER (M.-L.), ingénieur de 2e classe, à Liége.
GÉRARD (D.), conducteur de 1re classe, à Huy.
ROCOUR (M.-F.), — 2e classe, —

MM. DURIEUX (P.-J.), ingénieur de 2e classe, en disponibilité, à Bruxelles.
TRASENSTER (L.), sous-ingénieur, détaché à l'école spéciale des mines, à Liége.

RIVIÈRE DE MEUSE.

I.

RÈGLEMENT DE POLICE ET DE NAVIGATION.

LÉOPOLD, ROI DES BELGES,

A tous présents et à venir, salut.

Considérant qu'aux termes de la loi du 31 décembre 1838, l'État a repris l'administration de la Meuse;

Vu l'ordonnance du mois d'août 1669, sur la police des eaux et forêts;

Vu l'arrêté du 19 ventôse an VI, concernant l'établissement et la police des moulins et autres ouvrages d'art sur les rivières;

Vu la loi du 29 floréal an X, relative aux contraventions en matière de grande voirie;

Vu le décret du 4 prairial an XIII, ordonnant la publication, en Belgique, de l'article 7, titre 28, de l'ordonnance du mois d'août 1669;

Vu l'article 538 du code civil;

Vu l'article 67 de la constitution;

Sur la proposition de notre ministre des travaux publics,

Nous avons arrêté et arrêtons :

La police et la navigation de la Meuse seront à l'avenir régies par les dispositions suivantes (1) :

(1) Deux de ces dispositions ont été modifiées par le *Règlement du 20 mai* 1843, arrêté entre la Belgique et les Bays-Bas, pour l'exécution du traité du 5 novembre 1842, relativement à la navigation de la Meuse. Les modifications dont il s'agit sont indiquées à chacun des articles auxquels elles se rapportent : ce sont les articles 21 et 27.

immédiatement, et, au plus tard, dans un délai de vingt-quatre heures.

Art. 15. Il est défendu de tirer du sable ou du gravier à une distance moindre que 50 mèt. en amont et que 30 mèt. en aval des ponts, et à moins de 12 mèt. des murs de quai, des berges et des jetées.

CHAPITRE II.

DES GLACES ET HAUTES EAUX.

Art. 16. Lorsque l'administration jugera qu'il y a danger de débordement sur les ports, ou que la rivière commencera à charrier des glaces, les marchandises de toute nature et les matériaux, tels que pierres, moellons, pavés, bois, fers ou autres objets qui pourraient occasionner des accidents, seront immédiatement enlevés des ports, des berges et des abords de la rivière.

Le dépôt de semblables objets sur les points ci-dessus est formellement interdit pendant tout le temps des glaces et hautes eaux.

Dans les mêmes circonstances, les bateaux qui ne se trouveraient pas dans des gares ou dans des bassins, devront être immédiatement déchargés, et les marchandises enlevées, par les propriétaires ou gardiens des dits bateaux.

Cette double opération devra être faite sans interruption, même pendant les jours de fête et les dimanches, et, en cas de péril imminent, elle sera continuée pendant la nuit.

Art. 17. Les marchands, les voituriers par eau, les gardiens de bateaux et les propriétaires d'établissements sur la rivière, sont particulièrement tenus, en temps de glaces et hautes eaux, de fermer et amarrer ces bateaux et établissements, avec bonnes et fortes cordes, aux organeaux et pieux placés le long des ports et quais.

Art. 18. Les bateaux qui seront jugés hors d'état de service, seront déchirés sur place, ou dans des endroits qui seront désignés par l'autorité.

Les débris en provenant seront vendus conformément aux lois, s'ils ne sont immédiatement enlevés par les propriétaires, et le produit de la vente, déduction faite de tous frais, sera versé dans une caisse publique, où il restera provisoirement déposé à la disposition de qui de droit.

9 mètres 75 cent. des bords de la dite rivière, du côté du halage, et que 3 mètres 25 cent., du bord opposé.

Les plantations, clôtures et autres empêchements, qui auraient été établis contrairement aux dispositions du décret impérial du 4 prairial an XIII, seront enlevés dans le délai de six mois, après la publication du présent règlement.

ART. 7. Il est défendu de faire stationner des bateaux sur la rivière, soit pour transbordement de marchandises, soit pour tout autre motif, sans une autorisation spéciale.

ART. 8. Il est défendu, même dans les lieux de garage, de placer des bateaux ou trains devant les points affectés aux passages d'eau et devant les abreuvoirs publics.

Il l'est également de stationner à moins de 100 mètres de l'amont ou de l'aval des ponts.

ART. 9. Il est défendu de monter sur les bateaux chargés ou vides, sur les nacelles, sur les radeaux, ainsi que sur les trains de toute nature, soit pour pêcher, soit pour tout autre motif étranger au service des dits bateaux, nacelles, radeaux ou trains.

ART. 10. Il est défendu d'arracher, de fatiguer ou d'embarrasser les organeaux et les pieux d'amarre.

ART. 11. Les conducteurs de bateaux ou trains, ou tous autres bateliers, sont tenus de placer leurs cordes d'amarre sur les ports et berges, de manière à ne pas gêner la circulation.

Il est défendu de faire passer des voitures sur ces cordes, sans prendre les précautions nécessaires pour éviter de les détériorer.

ART. 12. Il est défendu de faire du feu sur les ports, quais et berges, sans autorisation.

ART. 13. Lorsque ceux qui ont droit de pêcher dans la rivière auront besoin d'y poser des piquets ou pieux pour fixer leurs filets, ils devront ne gêner en rien la navigation, et, dans tous les cas, les en retirer en levant les filets.

ART. 14. Il est défendu de tirer du sable ou du gravier en rivière, sans permission.

Le tirage du sable ou du gravier, à la main, ne peut avoir lieu qu'au moyen de doubles nacelles, solidement établies, d'où le sable ne pourra être transbordé.

Le sable ou le gravier devra être directement conduit du lieu du tirage au port de déchargement, d'où il devra être enlevé

Art. 21. Les bateaux bortinglés devront avoir dix centimètres au moins de bord, non compris les bortingles.

Les autres bateaux, quels qu'ils soient, barques ou nacelles, devront avoir au moins dix-huit centimètres de bord au-dessus de l'eau.

Les doubles nacelles, chargées de sable ou de gravier, devront avoir au moins dix centimètres de bord (1).

Art. 22. Le conducteur d'un bateau montant est tenu, à la rencontre d'un bateau avalant, de se retirer vers terre, du côté du halage, pour laisser passer ce dernier.

Art. 23. Pour prévenir les accidents qui pourraient arriver par la rencontre de bateaux descendants avec des bateaux montants, les conducteurs de ces derniers bateaux devront élever leur corde de halage ou cincenelle, de manière qu'elle ne puisse nuire au passage des chevaux des bateaux descendants, et les conducteurs de bateaux descendants devront lâcher leur cincenelle, en sorte qu'elle passe sous le bateau montant.

Art. 24. Les marchands, les voituriers par eau ou les gardiens de bateaux, devront avoir en tout temps sur leurs bateaux une ancre suffisamment équipée, et de bonnes cordes pour les amarrer solidement.

Art. 25. Les bateaux en cours de navigation devront toujours, lorsqu'ils s'arrêteront, être tenus et accostés aussi près que possible de la terre et du bord opposé à celui du halage, sous peine par les conducteurs de ces bateaux d'être poursuivis comme étant dans le cas prévu par l'art. 45 du présent règlement.

Ils ne pourront s'arrêter en pleine rivière, à moins de circonstances de force majeure.

Art. 26. La navigation aura lieu depuis le point du jour jusqu'à la nuit.

Il est défendu aux bateliers et à tous autres de naviguer sur la rivière pendant la nuit.

(1) « Les bateaux de toute espèce devront toujours avoir vingt-cinq centimètres de franc-bord au-dessus de l'eau, tout compris, jambresse et bortingle, que le bortingle soit un *waterbord* faisant corps avec la jambresse (*gang-boord*), ou qu'il soit composé de simples flaches (hausses mobiles) bien ajustées et étoupées, de manière que l'eau ne pénètre pas dans le bateau. » *Règlement du* 20 *mai* 1843, *art.* 42.

Ne sont exceptés que les bateaux qui en auront obtenu une autorisation spéciale, comme étant affectés à un service accéléré, ou pour tout autre motif exceptionnel et d'urgence; mais les conducteurs de ces bateaux devront se conformer aux dispositions des articles 47 et 48 du présent règlement.

Art. 27. Il est défendu de descendre les bateaux et trains par couplage, au passage des ponts et dans les chenaux (1).

Art. 28. Les bateliers sont tenus de ralentir, aux abords des ponts, le mouvement de leurs bateaux ou trains, pour prévenir tout choc contre les piles.

Art. 29. Au passage des ponts, les bateaux chargés et les trains auront la priorité sur les bateaux vides; mais, lorsqu'il y aura encombrement, le passage sera donné alternativement à un bateau ou train montant et à un bateau ou train descendant, en suivant l'ordre de leur arrivée aux abords des dits ponts.

Art. 30. Tout bateau à port devra avoir ses mâts abattus.

Art. 31. Les clous, la ferraille, les débris de bouteilles, de verre, de porcelaine, et tous autres objets de nature à occasionner des accidents, ne pourront être déposés sur les ports et berges autrement qu'enfermés dans des enveloppes en bon état.

Art. 32. Les bois ne pourront, sous aucun prétexte, rester sur les berges.

Le tirage ou le débarquement et l'enlèvement des bois à brûler devront être terminés dans le délai de trois jours pour un train, et de six jours pour un bateau.

Les bois à ouvrer devront être enlevés et rentrés chaque jour, au fur et à mesure du tirage ou du débarquement, et de manière que, quel que soit le moyen de transport employé, il n'y ait jamais à la fois sur le port plus de bois que la quantité nécessaire pour un chargement, et qu'il n'en reste point d'un jour à l'autre.

(1) « Afin de conserver les chemins de halage, les berges, travaux d'art et garde-corps, il ne pourra être attaché plusieurs chevaux de front à chacune des cordes de halage. » *Règlement du* 20 *mai* 1843, etc; *art.* 39.

« Conformément à l'usage adopté pour la navigation de la Meuse, lorsque les eaux sont au-dessous d'un mètre à l'échelle de l'étiage, il sera facultatif aux patrons ou conducteurs de coupler, à la descente, deux bateaux et une nacelle, dont la contenance réunie ne dépassera pas cent-dix tonneaux; la faculté de coupler trois embarcations cessera lorsque les eaux auront atteint une hauteur au delà d'un mètre. » *Ibid.*, *art.* 42.

Sur les ports où existent des voies spéciales pour le tirage des bois à ouvrer, le tirage ne pourra se faire en dehors de ces voies.

Lorsque les tirages de bois à ouvrer et de bois à brûler s'opéreront à la fois sur un même port, les tireurs de bois à brûler devront toujours laisser libres les voies destinées au tirage des bois à ouvrer.

Art. 33. On ne pourra, sans autorisation préalable, charger ou décharger les bateaux ailleurs qu'aux endroits indiqués dans chaque commune.

Art. 34. Dans l'intérieur des villes, les houilles et charbons ne pourront être chargés et déchargés que dans les ports et sur les quais affectés spécialement à cet objet.

Il est défendu de les laisser sur les quais de déchargement au delà du temps nécessaire pour cette opération.

CHAPITRE IV.

DISPOSITIONS SPÉCIALES AUX PASSES ARTIFICIELLES.

Art. 35. Tous les bateaux et trains iront de file dans les chenaux en suivant l'ordre de leur arrivée, sauf les exceptions ci-après :

Tout bateau ou train dont la navigation serait interrompue par force majeure, devra laisser passer les bateaux ou trains qui seront derrière lui, pour qu'ils puissent continuer leur marche. A cet effet, il devra être amarré du côté opposé à celui du halage.

Tout bateau ou train halé par des hommes, devra se laisser trémater par les bateaux ou trains halés par des chevaux, lorsqu'il aura été atteint par eux en pleine rivière.

Les bateaux ou trains halés par des chevaux, qui auront été atteints en pleine rivière par d'autres bateaux ou trains également halés par des chevaux, devront aussi se laisser trémater par eux.

Art. 36. Il est défendu de battre des piquets d'amarre pour arrêter les bateaux ou trains sur les chemins de halage, sur les revêtements de la rive ou les jetées ; d'amarrer les bateaux ou trains aux arbres plantés le long des chenaux, et de tenir les cordes d'amarre élevées au-dessus de terre, de manière à gêner le passage.

Art. 37. Il est défendu de jeter les eaux de vidange des bateaux sur les talus ou sur les revêtements.

Il est aussi défendu de faire usage de crocs ou autres instruments pouvant détériorer les jetées ou les revêtements.

Art. 38. Il est défendu d'embarrasser les chemins de halage par des dépôts de matériaux, de marchandises, ou par quelque autre objet que ce soit.

Il est aussi défendu de faire des ouvertures dans les jetées, sous quelque pretexte que ce puisse être.

Art. 39. Il est défendu de stationner, à moins de 100 mètres de l'entrée ou de la sortie des chenaux, avec bateaux, radeaux, trains de bois, nacelles ou barquettes.

Le passage des chenaux doit toujours être entièrement libre, et aucun bateau ne peut s'y arrêter.

Art. 40. Il est défendu de faire paître les bestiaux sur les chemins de halage des chenaux, les levées et leurs dépendances; de parcourir les chemins et levées avec des voitures, charrettes ou bêtes de somme; d'abreuver les bestiaux ailleurs que dans les abreuvoirs; de faire rouir du chanvre dans les chenaux.

SECTION II. — *Navigation spéciale.*

CHAPITRE V.

NAVIGATION ACCÉLÉRÉE.

Art. 41. Tout bateau appartenant à un service de transport accéléré, portera en gros caractères, près du nom du bateau, les mots : *service accéléré*, les noms et domicile de l'entrepreneur, et la date de l'autorisation spéciale qu'il a obtenue.

Le patron du bateau sera porteur d'une lettre de voiture, signée de l'entrepreneur et portant les mêmes énonciations que la plaque. Il sera tenu de la présenter aux agents du service de la navigation, toutes les fois qu'il en sera requis.

Le bateau sera de plus surmonté par une flamme rouge, destinée à le faire reconnaître de loin.

Il est défendu aux bateaux qui n'appartiennent pas à un service accéléré, dûment autorisé, de porter tout ou partie des signes distinctifs mentionnés au présent article.

Art. 42. Les bateaux accélérés ne pourront jamais marcher accouplés, ils devront toujours être halés séparément.

Art. 43. Les bateaux accélérés jouiront du droit de trématage en cours de navigation, et de priorité au passage des ponts et chenaux.

Toutefois la priorité de passage est réservée aux bateaux qui seraient chargés pour le service de l'État, et qui seraient arrivés à la tête des ponts ou à l'entrée des chenaux avant le bateau accéléré.

Art. 44. Lorsqu'un bateau accéléré atteindra, en chemin, un bateau marchant moins vite, le haleur de celui-ci devra laisser tomber sa corde et céder le bord de l'eau à l'autre haleur, lequel de son côté, devra forcer le pas.

Art. 45. Tout batelier qui, étant arrêté, s'opposera au passage des bateaux qui le suivent, ou qui, étant en marche, empêchera de passer devant lui les bateaux ayant droit de le faire, sera considéré comme ayant embarrassé la voie publique et poursuivi comme tel.

Art. 46. A égalité de vitesse :

Les coches et barques transportant des voyageurs,

Les bateaux chargés pour le service de l'État ou pour des travaux relatifs à la navigation,

Les bateaux dont le chargement consistera en blés, farines, sucres bruts ou rafinés, glace, poisson frais, sel ou chaux vive, jouiront du droit de priorité au passage des ponts et chenaux.

Art. 47. Les bateaux voyageant la nuit porteront un fanal sur l'avant et un fanal sur l'arrière, et la lumière devra s'étendre jusqu'au delà des chevaux de tirage.

Art. 48. Indépendamment de l'éclairage dont il est parlé dans l'article précédent, les conducteurs des bateaux devront être munis de fanaux portatifs, qu'ils allumeront avant d'entrer dans les chenaux et qu'ils n'éteindront qu'après en être sortis.

CHAPITRE VI.

BATEAUX A VAPEUR.

Art. 49. Aucun bateau à vapeur ne pourra être admis à naviguer sur la Meuse, qu'après l'accomplissement des formalités exigées par les règlements existants ou à intervenir relativement aux machines et aux bateaux à vapeur, et sous les conditions spéciales

qui seront jugées nécessaires, tant pour la sûreté des passagers, dans le cas où le bateau serait destiné au transport des voyageurs, que dans l'intérêt de la liberté de la navigation et de la conservation des établissements ou des travaux d'art en rivière.

TITRE III.

CHAPITRE VII.

PASSAGES D'EAU.

ART. 50. Il est défendu d'établir des passages d'eau sur la Meuse, sans autorisation préalable.

TITRE IV.

CHAPITRE VIII.

PÉNALITÉS, CONTRAVENTIONS ET POURSUITES.

ART. 51. Pour autant que les lois n'aient pas déterminé de peines particulières qui y soient applicables, les contraventions aux dispositions du présent règlement seront punies des peines comminées par l'art. 1er de la loi du 6 mars 1818.

ART. 52. Les parents sont responsables pour leurs enfants, et les maîtres pour leurs domestiques et ouvriers.

ART. 53. Les contraventions seront constatées par les agens des ponts et chaussées, de la gendarmerie et des polices locales. Leurs procès-verbaux devront être affirmés, dans les 48 heures, devant le bourgmestre ou l'un des échevins du lieu de la contravention, ou devant le juge-de-paix du ressort.

ART. 54. Les autorités locales des communes riveraines de la Meuse, la gendarmerie et tous autres officiers de la force publique, seront tenus, étant à ce requis, de prêter main-forte pour l'exécution des dispositions contenues dans le présent règlement.

ART. 55. Notre ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera inséré au *Bulletin officiel*.

Donné à Bruxelles, le 3 novembre 1841.

LÉOPOLD.

PAR LE ROI :

LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS,

L. DESMAISIÈRES.

II.

RÈGLEMENT

POUR L'EXÉCUTION DE L'ART. 9 DU TRAITÉ DU 19 AVRIL 1839, ET DU CHAPITRE II, SECTION IV, DU TRAITÉ DU 5 NOVEMBRE 1842, RELATIVEMENT A LA NAVIGATION DE LA MEUSE.

TITRE PREMIER.

DES DROITS DE NAVIGATION ET DES MOYENS D'EN ASSURER LA PERCEPTION.

ART. 1er. En conformité des dispositions de l'acte général du congrès de Vienne, les péages sur la Meuse, depuis la frontière de France jusqu'à Gorcum, seront réglés suivant le décret du gouvernement français du 10 brumaire an XIV, sauf que le droit, établi à raison de la largeur des bateaux, sera calculé suivant leur capacité, sur le pied de $^4/_5$ de centime, argent de Belgique, par distance de cinq kilomètres et par tonneau d'un mètre cube.

Les trains de bois seront assujettis au même droit de $^4/_5$ de centime, par distance de cinq kilomètres et par mètre cube (stère).

Sauf les dispositions que chacun des deux gouvernements pourra prendre par rapport à la navigation intérieure, la perception des droits de navigation se fera aux bureaux ci-après désignés.

A LA DESCENTE :	A LA REMONTE :
A Hastières-Lavaux,	A Gorcum,
» Dinant,	» Rossum,
» Namur,	» Katwyck,
» Huy,	» Venloo,
» Liége,	» Maeseyck,
» Eysden,	» Lixhe,
» Ruremonde,	» Liége,
» Venloo,	» Huy,
» Katwyck,	» Namur,
» Rossum ;	» Dinant.

Les bateaux qui, soit à la descente, soit à la remonte, auront choisi la voie du Wahal, entre Rossum et Gorcum, au lieu de suivre

celle de la Basse-Meuse, ne seront néanmoins assujettis qu'aux péages en raison de la dernière voie.

Art. 2. Il sera libre aux deux États de supprimer des bureaux de perception intermédiaires, là où ils exercent seuls la souveraineté sur le lit de la rivière, en faisant percevoir au bureau le plus proche de la frontière la totalité des droits de navigation, qui étaient dus jusqu'alors aux bureaux supprimés, sans que toutefois les patrons ou conducteurs puissent être tenus de payer une plus forte quotité de droit que celle qu'ils auraient dû acquitter si les bureaux supprimés existaient encore.

Les gouvernements se communiqueront réciproquement les décisions qu'ils auront prises pour la suppression des bureaux ci-dessus mentionnés.

Art. 3. Les droits de navigation sur la partie de la Meuse qui forme limite entre les deux États, seront partagés d'après l'étendue de leurs possessions respectives sur les deux rives.

En conséquence, le gouvernement des Pays-Bas recevra, en conformité du tarif annexé au présent règlement :

A la descente, cinq centimes et trente-trois millièmes par tonneau d'un mètre cube, pour sa quotité dans le droit de navigation de cette partie de la Meuse, et, pour la distance parcourue jusqu'à l'entrée du canal de Zuid-Willems-Vaart, un centime et cinquante et un millièmes.

Le gouvernement belge recevra, pour la première distance ci-dessus, quatre centimes et dix-millièmes ;

Et pour la seconde, soixante millièmes.

A la remonte, le gouvernement belge recevra, pour la distance entière de cette même partie de la Meuse, quatre centimes et dix millièmes ;

Et pour la distance jusqu'à l'entrée du canal de Zuid-Willems-Vaart, trois centimes et cinquante millièmes.

Le gouvernement des Pays-Bas recevra cinq centimes et trente trois millièmes ;

Et pour la distance jusqu'à l'entrée du canal susdit, trois centimes et quatre-vingt-deux millièmes.

La perception se fera conformément à l'art. 1er : à la descente, par le receveur néerlandais du bureau d'Eysden, et à la remonte, par le receveur belge du bureau de Maeseyck.

Art. 4. Les droits de navigation de la Meuse, établis par le présent règlement, seront payés, à chaque bureau de perception, d'après le tarif ci-annexé, pour toute embarcation ou tout train de bois qui y passera ou qui en partira, et ce d'après la contenance mentionnée dans le document indiquant la capacité du bateau, ou d'après le nombre de mètres cubes, en ce qui concerne les trains de bois.

Le payement aura lieu d'avance pour la distance à parcourir d'un bureau à l'autre, soit que l'embarcation parcoure ou non cette distance.

Art. 5. Il est néanmoins fait exception à cette règle par rapport aux bateaux qui, après avoir passé le premier bureau à la descente sur la frontière néerlandaise, quitteront la Meuse pour entrer dans le canal de Zuid-Willems-Vaart, auquel cas le droit ne sera dû qu'en raison de la distance à parcourir depuis le bureau dont il s'agit jusqu'à l'entrée du dit canal.

Par contre, les bateaux qui, à la remonte, passeront devant le bureau de Maeseyck, en destination du canal précité, ne seront assujettis aux droits qu'en raison de la distance depuis l'extrême frontière belge jusqu'au dit canal.

Art. 6. Seront exempts de tous droits :

1° Les bateaux chargés d'approvisionnements pour les armées et d'effets militaires appartenant à l'un ou à l'autre des deux gouvernements respectifs ;

2° Les bateaux pêcheurs, ceux servant à traverser la Meuse d'une rive à l'autre, les batelets contenant les agrès des bateaux, et ceux servant à transporter les chevaux de halage d'un bord à l'autre ;

3° Les bateaux chargés d'engrais, de grains en gerbes et de fourrages pour le compte des fermiers, dans l'étendue de leurs exploitations, et ces mêmes bateaux allant ou revenant à vide dans la même étendue.

Art. 7. Les bateaux à vide ne payeront que la moitié du droit.

Les bateaux à vapeur ne payeront également que la moitié du droit, et seulement pour les parties de la cale destinées à recevoir un chargement de marchandises, ou pour les marchandises qui seraient chargées sur leur tillac.

Art. 8. Il n'y aura pas lieu d'exiger de nouveaux droits de navigation sur les embarcations qui, après avoir acquitté les dits

droits lors de leur passage à un bureau, seraient obligés, par force majeure constatée, d'y retourner, ou même de rebrousser chemin plus loin.

Art. 9. Les payements se feront sur quittance, en monnaie ayant cours légal dans le pays où ils devront avoir lieu, le franc calculé à 47 1/4 cents des Pays-Bas. Les monnaies inférieures à 50 centimes de Belgique, ou 25 cents des Pays-Bas, ne seront toutefois admises que pour solde de fractions au-dessous de cette somme.

Art. 10. Les deux gouvernements ne pourront augmenter le tarif en aucune manière, pas même indirectement, en prescrivant l'usage du papier timbré ou en établissant d'autres droits de ce genre.

Art. 11. Les droits de navigation de la Meuse ne pourront être affermés soit en masse soit partiellement; la perception en sera faite dans chaque État pour son compte et par ses employés.

Les deux gouvernements s'obligent réciproquement à placer, dans leurs bureaux de perception, un nombre d'employés suffisant pour que le service ne soit jamais en souffrance, que les patrons ou conducteurs n'éprouvent point de retard dans leur navigation, et sans que les dispositions de l'art. 316 de la loi générale du 26 août 1822 (*Journal officiel* n° 38) puissent être applicables à la perception du droit de navigation.

Art. 12. Les distances prises pour base du droit de navigation n'ayant été déterminées que d'après des renseignements plus ou moins exacts, il pourra être procédé contradictoirement à un mesurage de la rivière, dans toute sa longueur, sur le territoire des deux États, aux frais de celui qui en fera la demande.

Le droit sera rectifié, s'il y a lieu, d'après les distances reconnues par ce mesurage.

Art. 13. Tout propriétaire ou conducteur de bateau sera tenu, avant de l'employer à la navigation de la Meuse, conformément au présent règlement, de le soumettre au jaugeage des employés désignés à cet effet par les gouvernements respectifs.

Le mesurage, par tonneaux d'un mètre cube, sera fait d'après le règlement sur cette matière du 20 octobre 1819, n° 1, actuellement en vigueur dans les deux pays.

Indépendamment de la marque imprimée au moyen d'un fer rouge sur le bateau, indiquant son numéro et sa capacité, le pro-

priétaire devra faire répéter cette indication aux endroits les plus apparents, des deux côtés des bateaux, en chiffres blancs sur fond noir, peints à l'huile, de la grandeur d'un décimètre ou palme.

Art. 14. Tout conducteur de bateau sera tenu de représenter, sur la réquisition qui lui en sera faite par les employés chargés de la perception ou de la surveillance du droit de navigation, le document authentique indiquant la capacité du bateau.

Tout conducteur de train de bois sera tenu de déclarer aux mêmes employés le nombre de mètres cubes dont le train est composé.

Art. 15. Les tarifs seront affichés dans les bureaux de perception.

TITRE II.

DE L'APPLICATION A LA NAVIGATION DES LOIS SUR LES DOUANES DES ÉTATS RESPECTIFS.

Art. 16. Les bateaux appartenant à la navigation de la Meuse, ainsi que leurs cargaisons, venant du Rhin ou des Pays-Bas, passeront librement en transit direct, et sans être obligés de rompre charge, par toute l'étendue de la Meuse, jusqu'en France, et ne payeront, en remplacement de tous droits de transit, péages et autres de cette nature, que ceux établis par l'article 1er du présent règlement, et, réciproquement, les bateaux et leurs cargaisons venant de la France ou de la Belgique pourront, aux mêmes conditions, faire usage de la Meuse pour se rendre au Rhin ou dans les Pays-Bas.

Art. 17. Les cargaisons entières ou partielles des bateaux mentionnés à l'article précédent, seront reçues et pourront rester déposées pendant un temps indéterminé, tant pour la consommation que pour le transit, dans les entrepôts néerlandais admis pour les marchandises appartenant à la navigation rhénane, avec faculté d'option, en cas de transit, suivant les dispositions établies pour ces entrepôts, entre le payement des droits ordinaires d'après les tarifs des Pays-Bas, et celui du droit fixe mentionné à l'art. 4 de la convention de Mayence du 31 mars 1831.

En retour, l'entrepôt public de Liége sera ouvert aux cargaisons mentionnées ci-dessus. Elles pourront y être déposées pendant un

temps indéterminé et être déclarées en consommation ou en transit par la Meuse, soit qu'elles viennent de la France, des Pays-Bas ou du Rhin, avec faculté d'option, en cas de transit, entre les droits ordinaires d'après le tarif belge, et le payement du droit mentionné à l'art 1er du présent règlement.

Les marchandises sortant des entrepôts indiqués ci-dessus, et destinés à la consommation, seront assujetties aux droits d'après les lois et tarifs des pays respectifs.

Art. 18. Les marchandises entreposées, ainsi qu'il vient d'être dit, comme appartenant au commerce de la Meuse, ne payeront pour tous droits de magasin, de quai, de grue et de balance, et pour autant qu'il aurait été fait usage de ces établissements, que la quotité indiquée comme *maximum* pour les entrepôts du Rhin.

Il ne pourra y avoir lieu, quant à la hauteur des droits ci-dessus mentionnés, à aucune distinction entre les cargaisons des différents bateaux exerçant la navigation de la Meuse.

Art. 19. Le patron ou conducteur d'un bateau destiné à parcourir la Meuse en transit direct, sans rompre charge, sera tenu, avant de partir du lieu du chargement, de dresser un manifeste de sa cargaison, suivant les lettres de voiture ou connaissements, qu'il devra se faire délivrer, indiquant la nature et la quantité de marchandises, avec désignation de la personne à qui l'expédition en est faite.

Ce manifeste, qui sera en tout point conforme au modèle joint au présent règlement, devra être signé par le patron ou conducteur, qui sera responsable de son contenu.

Art. 20. Le manifeste, ainsi que les lettres de voiture ou connaissements qui devront accompagner le chargement, seront représentés par le patron ou conducteur aux employés des douanes, au premier bureau à l'entrée, et au dernier bureau à la sortie du territoire qu'il traversera en transit direct.

Ces employés s'assureront, par une visite sommaire, de la conformité du chargement avec le manifeste et les pièces y jointes, et ce, indépendamment des mesures de précaution mentionnées à l'art. 24.

Art. 21. Indépendamment des obligations prescrites par les art. 19 et 20, le patron ou conducteur sera obligé de représenter son manifeste aux employés des douanes qui lui en feront la

demande, en quelque endroit de la Meuse qu'il puisse se trouve
A défaut de le représenter, il ne pourra pas profiter des avantag
que lui assure le présent règlement.

Art. 22. Le patron ou conducteur de bateau muni du manifes
en bonne et due forme, dont il est parlé à l'art. 19, ne pourr
être arrêté en route sous prétexte de perception d'impôts de l'Éta
ou de recherches à faire à cette fin sur le chargement, si c
n'est aux bureaux de douanes à l'entrée ou à la sortie du territoi
des deux gouvernements, ou dans les cas prévus par l'art. 31.

Art. 23. Chacun des deux États aura le droit de déterminer,
son gré, les ports et les différents lieux d'atterrage où il sera ex
clusivement permis de prendre charge ou de décharger.

Néanmoins, lorsqu'un patron ou conducteur sera empêché, pou
cause de gros temps, de voie d'eau ou d'autres accidents, de cont
nuer sa route, il lui sera permis de mettre son bateau en tou
autre lieu de sûreté; il pourra même, au besoin, le faire décharge
en tout ou en partie, pourvu que, dans l'un et l'autre cas, cel
ait lieu sous la surveillance des employés des douanes, et, en leu
absence ou à leur défaut, sous celle de l'autorité locale.

Toutefois le patron ou conducteur, en reprenant les marchan
dises pour continuer sa route, ne sera pas, par ce fait, soumis au
droits suivant le tarif du pays.

Lorsque, en pareille circonstance, le patron ou conducteur arri
vera dans un endroit où il n'y a point d'employés des douanes, i
devra de suite donner connaissance de son arrivée à l'autorit
locale, et faire ses diligences afin de constater d'une manièr
légale la force majeure qui l'a obligé de relâcher.

Les employés des douanes du poste le plus voisin du mêm
territoire, en seront immédiatement avertis, pour qu'ils puissen
prendre des mesures ultérieures de surveillance.

Tout ce que le patron ou conducteur aurait fait de son chef
sans en avoir préalablement averti les employés, ou, en leu
absence et à leur défaut, l'autorité locale, et sans attendre leu
intervention, ne sera excusable qu'autant qu'il prouvera d'une ma
nière incontestable, que le salut du bateau ou de son chargemen
en dépendait.

Art. 24. Indépendamment du manifeste, le patron de bateau
destinés à parcourir, sans rompre charge, des distances où la so

veraineté sur la Meuse appartient, avec ses deux rives, à un seul et même gouvernement, ne sera tenu, à l'entrée de ce territoire, à remplir d'autres formalités de douane, que de faire apposer des plombs ou cachets aux écoutilles et aux emplacements servant de dépôt de marchandises, ou de recevoir à bord des gardiens, toutes les fois que les employés des douanes le jugeront convenable, ou enfin de se soumettre à ces deux formalités réunies.

Art. 25. Il sera toutefois loisible au patron ou conducteur de bateaux mentionnés à l'article précédent, d'invoquer, en remplacement des dispositions concernant les manifestes, l'application des formalités des douanes suivant la législation du pays dont il voudra traverser le territoire en transit direct, pourvu qu'il en fasse la demande par écrit au premier bureau à l'entrée de ce territoire.

Il pourra même être obligé de se soumettre aux formalités de douane selon la même législation, lorsque le transit s'opérera par bateaux ouverts ou par bateaux dont la fermeture des écoutilles, ou autres issues des emplacements servant de dépôt de marchandises, ne pourrait pas être suffisamment assurée au moyen de plombs ou cachets.

Dans l'un et l'autre cas, il n'y aura pas lieu au payement du droit de transit, mais seulement à celui des droits dus d'après l'article 1er du présent règlement.

Art. 26. Il y aura lieu à l'application des formalités des douanes suivant la législation des États respectifs, par rapport aux bateaux qui chargeront ou déchargeront, soit entièrement, soit partiellement, dans les entrepôts ouverts au commerce de la Meuse, ou lorsqu'il s'agira de marchandises dont la destination, en arrivant dans l'un ou l'autre pays, serait d'y être livrées à la consommation, ou qui y seraient embarquées pour l'exportation.

Art. 27. Les allégements ordinaires, pour cause d'avarie ou de gros temps, ou qui pourront être temporairement nécessaires en quelques endroits de la rivière, eu égard à l'état moins favorable de son lit pour la navigation, ne seront pas réputés chargements ou déchargements dans le sens de l'article précédent, lorsque ces allégements se feront sur la rivière sans toucher aux rivages, et sous la surveillance des employés des douanes, et, en leur absence ou à leur défaut, sous celle de l'autorité locale la plus voisine.

Art. 28. Le service des gardiens se bornera à la surveillanc des bateaux et des chargements, ou des plombs et cachets.

Le patron ou conducteur du bateau est tenu de les faire parti ciper à la nourriture de l'équipage et de leur fournir le feu et l lumière nécessaires ; mais il est défendu à ces gardiens d'exiger o d'accepter en outre, à ce titre et sous aucun prétexte, une rétri bution quelconque du patron ou conducteur.

Art. 29. Lorsque, en cas de plombage ou d'apposition d cachets aux écoutilles ou emplacements servant de dépôt d marchandises, le patron ou conducteur du bateau sera obligé, pa manque d'eau ou par suite d'autres circonstances extraordinaires d'en alléger le chargement, il devra s'adresser aux employés de douanes du poste le plus voisin, pour faire lever les plombs ou ca chets, en se soumettant aux mesures ultérieures que ceux-ci juge ront nécessaires pour prévenir l'importation clandestine d'un partie du chargement.

Art. 30. Si, dans un des bureaux frontières d'un territoire soit en entrant, soit en sortant, ou pendant sa traversée, il es reconnu qu'un patron ou conducteur est porteur d'un manifest infidèle, et qu'il en résulte une fraude consommée ou tentée, i aura, pour ce fait, encouru les peines portées par la loi du pay contre les fausses déclarations.

Art. 31. Lorsqu'un patron ou conducteur sera prévenu d'avoi tenté la contrebande, il ne pourra pas invoquer la liberté de l navigation, pour mettre, soit sa personne, soit les marchandise qu'il aurait voulu importer ou exporter frauduleusement, à l'abr des poursuites dirigées contre lui de la part des employés de douanes, sans cependant qu'il puisse y avoir lieu à saisir, pou cause de cette tentative, le reste du chargement qui n'en aura pas été l'objet, ni, en général, à sévir, contre le patron ou conduc teur, d'une manière plus rigoureuse que ne l'ordonnent les lois g nérales en vigueur dans l'État où la contravention a été constatée

TITRE III.

DU DROIT D'EXERCER LA NAVIGATION.

Art. 32. Chacun des deux gouvernements prendra les mesure nécessaires pour s'assurer de la capacité des personnes auxquelle il confiera l'exercice de la navigation de la Meuse.

Il sera délivré une patente ou permis au patron ou conducteur reconnu apte par l'autorité de son pays, et cette pièce lui donnera le droit d'exercer la navigation conformément au présent règlement, dans toute l'étendue de la Meuse.

Les patentes de navigation ne seront délivrées qu'à des sujets des États riverains de la Meuse.

Les bâtiments seront signalés dans ces patentes.

Art. 33. Le patron ou conducteur admis à la navigation de la Meuse, ne pourra nulle part être contraint à décharger malgré lui, ou à transférer son chargement sur d'autres embarcations.

Tous les droits, priviléges et usages qui pourraient exister en opposition directe ou indirecte avec la présente disposition, sont et demeurent supprimés, sans qu'ils puissent être rétablis sous quelque dénomination que ce soit.

Art. 34. Le nombre de patrons ou conducteurs sur la Meuse est indéterminé.

Les patrons ou conducteurs exploitant la navigation sur les rivières confluentes de la Meuse, de même que les patrons ou conducteurs du Rhin et de l'Escaut, seront admis par réciprocité à la navigation de la Meuse.

Il suffira, dans ce cas, que les patrons ou conducteurs constatent leurs droits à la navigation de l'un des dits fleuves ou rivières.

Art. 35. Le transport des personnes, chevaux, voitures, effets et autres objets, d'une rive à l'autre, et tout ce qui tient au commerce ordinaire des deux rives, n'a rien de commun avec le présent règlement, pas plus que la navigation d'un patron ou conducteur restreint à l'exercer dans le parcours du territoire de son pays, sans en dépasser les limites, un tel patron ou conducteur n'étant assujetti qu'aux autorités du pays où il exerce son métier.

Art. 36. Le gouvernement du pays où le patron ou conducteur est domicilié, a seul le droit, pour des motifs graves, de lui retirer la patente (permis) qui lui aura été délivrée.

Cependant cette disposition n'exclut pas le droit qu'auront les États respectifs de faire poursuivre et juger le patron ou conducteur prévenu d'un délit ou crime commis sur leur territoire, et de demander même, selon les circonstances, aux autorités de son domicile, que sa patente lui soit retirée.

Art. 37. Lorsqu'il s'agira d'établir un service de navigation à

jours et heures fixes, pour le transport des voyageurs et de leurs effets, ou de marchandises, d'un pays vers l'autre, la demande d'autorisation devra être faite simultanément aux deux gouvernements, qui, s'il y a lieu, en feront l'objet d'une négociation.

TITRE IV.

DE LA POLICE POUR LA SURETÉ DE LA NAVIGATION ET DU COMMERCE.

ART. 38. Les deux gouvernements s'engagent à donner leur attention particulière à ce que les chemins de halage existants sur les bords de la Meuse, soient mis et entretenus en bon état, et que toutes les réparations nécessaires aient lieu chaque fois, sans aucun retard, aux frais de qui il appartiendra, et de manière à ne faire éprouver aucun obstacle à la navigation.

Ils s'engagent, de plus, à prendre, dans l'étendue de leurs territoires respectifs, les mesures nécessaires pour que les moulins et autres usines à établir sur la Meuse, ainsi que les batardeaux et ouvrages d'art quelconques, ne puissent entraver la navigation, et, en outre, à faire cesser à leurs frais tous les obstacles qui pourraient se rencontrer dans le lit de la Meuse, lorsque ces obstacles résulteront du défaut de surveillance ou d'entretien convenable.

Les travaux qui devront s'exécuter sur le territoire mixte, pour l'entretien en bon état du lit de la Meuse, devront être exécutés aux frais des deux gouvernements, après qu'ils se seront entendus sur l'utilité des travaux.

ART. 39. Afin de conserver les chemins de halage, les berges, travaux d'art et garde-corps, il ne pourra être attaché plusieurs chevaux de front à chacune des cordes de halage.

Il est défendu de déposer sur ces chemins du gravier, des pierres, bois, immondices, de la paille ou du fumier, ainsi que tout autre objet qui pourrait empêcher la circulation et embarrasser les berges.

ART. 40. Les patrons ou conducteurs dont les bateaux couleraient bas, sont tenus, aussitôt après l'accident, de faire placer une balise au-dessus de ces bateaux.

Ils seront tenus de faire relever sans délai les bateaux, et de faire repêcher les marchandises, les agrés et tous autres objets qui seraient restés au fond de l'eau.

Art. 41. Partout où la localité de la Meuse rend nécessaire le balisage pour la sûreté de la navigation, les droits ou salaires existants seront maintenus et devront être les mêmes pour tous ceux qui exercent la navigation sur la Meuse.

Art. 42. Conformément à l'usage adopté pour la navigation de la Meuse, lorsque les eaux sont au-dessous d'un mètre à l'échelle de l'étiage, il sera facultatif aux patrons ou conducteurs de coupler à la descente deux bateaux et une nacelle, dont la contenance réunie ne dépassera pas cent-dix tonneaux ; la faculté de coupler trois embarcations cessera lorsque les eaux auront atteint une hauteur au delà d'un mètre.

Les bateaux de toute espèce devront toujours avoir vingt-cinq centimètres de franc bord au-dessus de l'eau, tout compris, jambresse et bortingle, que le bortingle soit un *waterbord* faisant corps avec la jambresse (*gangboord*), ou qu'il soit composé de simples flaches (hausses mobiles) bien ajustées et étoupées, de manière que l'eau ne pénètre pas dans le bateau.

Art. 43. Les transports de poudre à canon se feront dans des embarcations particulières, sans aucun mélange d'autres objets. Ces bateaux resteront, autant que possible, éloignés des habitations, et se conformeront, au surplus, exactement aux précautions prescrites, par chaque État, dans l'intérêt de la sûreté publique.

Art. 44. Il sera défendu aux fermiers des bacs et nacelles, servant au passage d'une rive à l'autre, d'entraver la circulation des bateaux ; les patrons ou conducteurs de ceux-ci ne pourront également stationner de manière à empêcher le service des fermiers ou les abords aux abreuvoirs publics.

TITRE V.

DES FRAUDES, CONTRAVENTIONS, POURSUITES ET PÉNALITÉS.

Art. 45. La fraude des droits de navigation sera punie d'une amende du sextuple des droits fraudés, non compris le montant du droit, qui devra toujours être acquitté en sus.

Les autres contraventions au présent règlement seront punies d'une amende de 25 à 100 francs. Quant aux peines que le patron

ou conducteur encourra par suite de manifestes infidèles, fausse déclarations ou autres infractions aux lois des douanes, elles seron appliquées suivant la législation sur cette matière dans les État respectifs.

Art. 46. Le patron ou conducteur qui ne représentera pas lorsqu'il en sera requis, la quittance des droits de navigation qu'i aura dû payer au bureau précédent, sera passible de l'amend établie contre la fraude des dits droits.

Il sera soumis à la même amende, lorsqu'il passera devant un bureau sans s'y présenter pour le payement du droit, ou qu'il en partira avant d'avoir effectué ce payement, à moins qu'il n'y ai été contraint par une force majeure, dans quel cas il devra se pré senter au bureau de perception aussitôt après que la cause de l'empêchement aura cessé.

Art. 47. En cas de contravention au présent règlement, les embarcations ainsi que leurs chargements pourront être retenus jusqu'à ce qu'il ait été fourni bonne et valable caution par la partie contrevenante, tant pour les peines et amendes encourues, que pour les droits dus, et qu'en outre il ait été fait élection de domicile dans le pays où la contravention aura été commise.

Art. 48. Le patron ou conducteur sera, dans tous les cas, responsable des amendes encourues, pour contraventions au présent règlement, par les gens de son équipage, ou ceux employés à son service, sauf son recours contre ceux qui, par leurs faits ou omissions, y auraient donné lieu.

Art. 49. Les contraventions au présent règlement seront constatées suivant les lois du pays où elles auront été commises.

Toutes les actions résultant des dispositions du même règlement seront portées devant le juge du pays où le fait aura eu lieu.

Les causes y seront poursuivies, instruites et jugées comme matières sommaires, et les jugements et arrêts mis à exécution, le tout conformément aux lois en vigueur.

TITRE VI.

DES INSPECTEURS DE LA NAVIGATION ET DE LEURS ATTRIBUTIONS.

Art. 50. Chacun des deux gouvernements nommera un inspecteur pour la navigation de la Meuse.

Ces inspecteurs exerceront leurs fonctions exclusivement dans les limites du pays auquel ils appartiennent, sauf toutefois qu'ils pourront visiter les bureaux établis pour la perception commune du droit de navigation ; les employés de ces bureaux seront tenus de leur exhiber les registres et documents servant à la perception, au contrôle et à la comptabilité du même droit, et de leur donner à cet égard tous les renseignements nécessaires.

ART. 51. Aussi souvent que le besoin du service l'exigera, et au moins une fois par an, ils seront tenus de faire une tournée de leur inspection, afin de reconnaître l'état du lit de la rivière et les obstacles que la navigation pourrait rencontrer ; ils visiteront les chemins de halage, et adresseront à leurs gouvernements des rapports détaillés sur ces objets, de même que sur les contraventions au présent règlement qu'ils auraient pu remarquer ou dont ils auraient eu connaissance par d'autres voies.

ART. 52. Dans le mois de mai de chaque année, les deux inspecteurs se réuniront alternativement une année à Maestricht et l'autre à Liége, pour s'entendre sur les propositions à faire à leurs gouvernements dans l'intérêt du commerce et de la navigation de la Meuse. Ils se communiqueront réciproquement leurs observations et les plaintes qui pourraient avoir été faites par rapport à l'exécution du présent règlement ; ils recueilleront à cet égard tous les renseignements nécessaires, et pourront, au besoin, se rendre simultanément sur les lieux pour vérifier des faits contestés.

ART. 53. Lors de leur réunion annuelle, les deux inspecteurs arrêteront les recettes de l'année écoulée, qui auront été faites aux bureaux, du chef de la perception commune ; ils en feront le partage suivant les dispositions de l'art. 3 du présent règlement, et feront effectuer le versement du solde de compte au bureau le plus voisin du pays auquel ce solde sera reconnu appartenir.

Anvers, le 20 mai 1843.

(Signé) DE BROUCKERE ; LESPIRT ; CATTEAUX-WATTEL ; L. JACOBS ; L. VEYDT ; J. J. ORBAN ; D. S. JOIRIS ; ÉDOUARD DE CUYPER, *secrétaire*. — COPES VAN HASSELT ; BOEYE ; VAN DE VELDE ; H. A. VAN KARNEBEEK ; KRYN WAGTHO ; C. LE CLERCQ, *secrétaire*.

TARIF *des droits de navigation établis sur la Meuse, depuis Hastières-Lav*
Gorcum, à percevoir des bateaux et des trains de bois, à raison de chaque v
contenance ou de volume, sauf les exemptions et réductions mentionnées au

POUR LA DISTANCE		EN DESCENDANT, au	DROITS par		EN REMONTAN au
DE	A	BUREAU DE	mètre cube.		BUREAU DE
			Cent.	mil.	
La frontière de France et de Belgique.	Dinant.	Hastières-Lavaux.	3	06	Dinant.
Dinant.	Namur.	Dinant.	4	32	Namur.
Namur.	Huy.	Namur.	3	48	Huy.
Huy.	Liége.	Huy.	3	48	Liége.
Liége.	La frontière de Belgique, à Navagne.	Liége.	2	30	Lixhe.
Navagne.	L'entrée du canal dit Zuid-Willems-Vaart.	Eysden.	2	11	
Navagne.	La front. des P. B. sur la rive gauche de la Meuse.	Eysden.	9	45	Maeseyck.
La front. des P. B. sur la rive gauche de la Meuse.	L'entrée du canal dit Zuid-Willems-Vaart.		»	»	Maeseyck.
Id. id. id.	Venloo.	Ruremonde.	7	55	Venloo.
Venloo.	Katwyck.	Venloo.	9	06	Katwyck.
Katwyck.	Rossum.	Katwyck.	10	60	Rossum.
Rossum.	Gorcum.	Rossum.	6	90	Gorcum.

ANNEXE *au règlement sur la navigation de la Meuse.*

MANIFESTE DU PATRON OU CONDUCTEUR. . . . . DE . . . . . .

Le bâtiment . . . . . de la capacité de . . . . . tonneaux, construit à . . . . . naviguant sous pavillon. . . . . et conduit par le soussigné, appartenant en propriété à NN. . . . . à (ou au soussigné). Il a été chargé à. . . . . et contient ce qui suit :

Visa pour vérification de chargement.	N^os. des connaissements, ou lettres de voitures.	Noms des expéditeurs et des consignataires.	Lieu de destination des marchandises.	COLIS, FUTAILLES, ETC.		Désignation exacte des marchandises, d'après leur dénomination usitée dans le commerce.	Poids de chaque espèce de marchandise.	MONTANT DES	
				NOMBRE.	Marques et numéros.			Droits de navigation.	Amendes, s'il en a été perçu.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Le soussigné affirme que le présent manifeste est exact sous tous les rapports et conforme au chargement. A . . . . . le . . . .

OBSERVATION. Les receveurs des droits de navigation prendront des *duplicata* des manifestes, pour justification de leurs recettes. Ils inscriront dans les 9e et 10e colonnes le montant des droits et amendes perçus en toutes lettres, et signeront conjointement avec un autre employé.

LOI GÉNÉRALE

SUR LES PENSIONS CIVILES ET ECCLÉSIASTIQUES.

LÉOPOLD, ROI DES BELGES,

A tous présents et à venir, salut.

Nous avons, de commun accord avec les chambres, décré
nous ordonnons ce qui suit :

TITRE PREMIER.

DES PENSIONS DE RETRAITE.

CHAPITRE PREMIER.

DES PENSIONS DE RETRAITE, EN GÉNÉRAL.

SECTION PREMIÈRE.

Admission à la pension.

ART. 1er. Les magistrats, fonctionnaires et employés, faisant
tie de l'administration générale et rétribués par le trésor pu
pourront être admis à la pension, à 65 ans d'âge et après 30 a
de service.

ART. 2. Il suffira de 55 ans d'âge, et de 25 années de ser
pour les fonctionnaires et employés qui auront passé au moins
années, en service actif, dans les emplois et les grades co
dans le tableau annexé à la présente loi.

ART. 3. Tout magistrat, fonctionnaire ou employé, rec
hors d'état de continuer ses fonctions, par suite d'infirmités, p
être admis à la pension, quel que soit son âge, s'il compt
moins dix années de service.

ART. 4. Le magistrat, fonctionnaire ou employé, atteint
firmités provenant de l'exercice de ses fonctions, et qui le m
dans l'impossibilité de les continuer, pourra être admis à la pen
quel que soit son âge, s'il compte au moins cinq années de ser

Art. 5. Aura droit à une pension, quels que soient son âge et la durée de ses services, tout magistrat, fonctionnaire ou employé qui, par suite de blessures reçues ou d'accidents survenus dans l'exercice ou à l'occasion de l'exercice de ses fonctions, aura été mis hors d'état de les continuer et de les reprendre ultérieurement.

Art. 6. Sont susceptibles de conférer des droits à la pension :

A. Les services civils ou judiciaires, rendus depuis l'âge de 21 ans, par suite de nominations faites en exécution des lois ou émanées du gouvernement, et rétribuées par le trésor public. Les surnuméraires dûment commissionnés ne sont pas soumis à cette dernière condition. Il en est de même des seconds secrétaires de légation, pour le temps pendant lequel ils seront employés soit à l'étranger, soit à l'intérieur, près du département des affaires étrangères ;

B. Les services militaires effectifs, à partir de l'âge de 16 ans révolus.

Art. 7. Tout magistrat, fonctionnaire ou employé, qui aura bien mérité dans l'exercice de ses fonctions, pourra, à sa retraite, être autorisé par le gouvernement à conserver le titre honorifique de son emploi.

SECTION II.

Liquidation des pensions.

Art. 8. Les pensions de retraite seront liquidées, sauf les exceptions indiquées au chap. II du présent titre, à raison, pour chaque année de service, de $^1/_{60}$ de la moyenne du traitement dont l'intéressé aura joui pendant les cinq dernières années.

Chaque année passée en service actif, dans l'un des emplois désignés au tableau annexé à la présente loi, comptera, dans la liquidation, pour $^1/_{50}$ de la moyenne de ce traitement.

Art. 9. Dans le cas prévu par l'art. 5, la pension sera réglée à raison du quart du dernier traitement, augmenté de $^1/_{60}$ pour chaque année de service au delà de cinq.

Si l'intéressé a donné, lors de l'accident, des preuves de courage ou d'un dévouement extraordinaire, la pension pourra être portée au tiers en *maximum* du traitement, indépendamment des années de service au delà de cinq.

Art. 10. Sont compris dans l'évaluation de la moyenne d traitement, le casuel et les autres émoluments tenant lieu de sup plément de traitement.

Toutefois, pour les fonctionnaires et employés de l'administra tion des finances, auxquels des remises tiennent lieu de traitemen la moyenne ne s'établira que sur les $^3/_4$ de ces remises, sans qu'elle puissent être réduites au-dessous de 2,000 fr.

Art. 11. La moyenne, pour la pension des membres du corp diplomatique, ne pourra être établie sur un traitement supérieur

1° A celui de chef de département ministériel, pour les am bassadeurs et les envoyés extraordinaires et ministres plénipoten tiaires ;

2° A celui de gouverneur, pour les ministres résidents ;

3° Aux deux tiers de ce dernier traitement, pour les charg d'affaires et les consuls généraux rétribués ;

4° A la moitié de ce traitement, pour les autres consuls rétr bués.

Art. 12. Les pensions seront liquidées d'après la durée réel des services ; les jours qui, dans le total, ne formeront pas un mo seront négligés ; il en sera de même des fractions de franc.

Art. 13. Aucune pension ne pourra excéder les $^3/_4$ du trait ment qui aura servi de base à la liquidation, ni une somme c 6,000 fr.

Ce *maximum* est fixé à 4,000 fr. pour les fonctionnaires c employés comptables.

Art. 14. Dans tous les cas où une pension ne s'élèverait pas 175 francs, elle sera portée à la moitié du traitement, sans tout fois pouvoir excéder la somme indiquée ci-dessus.

CHAPITRE II.

DE CERTAINES PENSIONS PARTICULIÈRES.

SECTION PREMIÈRE.

Membres du corps enseignant.

Art. 15. Les professeurs des universités de l'État pourront o tenir l'éméritat à l'âge de 70 ans, pourvu qu'ils comptent 25 a nées de service dans l'enseignement académique, ou après 30 anné de service dans cette carrière, quel que soit leur âge.

La pension de l'éméritat sera égale au taux moyen du traitement fixe dont le professeur aura joui pendant les cinq dernières années.

Art. 16. Les professeurs reconnus hors d'état de continuer leurs fonctions, par suite d'infirmités, pourront être admis à la pension, quel que soit leur âge, après cinq années au moins de service dans l'enseignement académique.

Leur pension sera liquidée à raison de $^1/_6$ du taux moyen de leur traitement fixe pendant les cinq dernières années. Chaque année au delà de cinq leur sera comptée pour $^1/_{35}$ de ce traitement en sus.

Art. 17. Dans le cas prévu par l'article précédent, les années de service admissibles en vertu de la présente loi, mais étrangères à l'enseignement académique, seront comptées pour $^1/_{60}$ dans la liquidation de la pension.

Art. 18. En aucun cas, les pensions accordées en vertu des dispositions qui précèdent ne pourront excéder le montant du dernier traitement, ni la somme de 6,000 fr.

Art. 19. Les dispositions qui précèdent sont applicables aux professeurs civils attachés à l'école militaire.

SECTION II.

Membres du clergé.

Art. 20. Les membres du clergé du culte catholique romain, qui jouissent d'un traitement sur le trésor public, et qui auront obtenu leur démission de l'autorité ecclésiastique compétente, auront droit à une pension de retraite d'après les règles ci-après établies.

Art. 21. Le montant de la pension entière est égal au taux moyen du traitement dont le démissionnaire a joui pendant les cinq dernières années sur le trésor.

Néanmoins, la pension ne peut excéder 6,000 fr.

Art. 22. Pour avoir droit à la pension fixée par l'article précédent, il faut avoir atteint l'âge de 65 ans et compter 40 années de service.

Seront comptées comme années de service celles pendant lesquelles le titulaire aura été aumônier d'un hôpital, ou aura rem-

pli d'autres fonctions ecclésiastiques non rétribuées par le trésor public, et que le gouvernement reconnaîtra avoir été nécessaires aux besoins du culte.

ART. 23. Les ecclésiastiques qui, n'ayant pas atteint leur 65e année, seront obligés de se démettre de leurs fonctions pour cause d'infirmités, seront admis à la pension, pourvu qu'ils aient au moins dix années de service.

ART. 24. Cette pension sera fixée ainsi qu'il suit :

Pour quarante ans de service, la pension entière ;

Pour 30 ans, les $^2/_3$ de la pension entière, plus $^1/_{30}$ de cette dernière, pour chaque année de service depuis 30 ans jusqu'à 40;

Pour 10 ans, la moitié de la pension entière, plus $^1/_{120}$ de celle-ci, pour chaque année de service depuis 10 ans jusqu'à 30.

ART. 25. Lorsque les infirmités dont le ministre du culte est atteint seront reconnues provenir de l'exercice de ses fonctions, et l'auront mis dans l'impossibilité de les continuer, il pourra, s'il a cinq ans de service, réclamer la moitié de la pension entière.

ART. 26. L'article 5 de la présente loi est applicable aux ministres des cultes.

Dans les cas prévus par cet article, ils auront droit à la moitié de la pension entière, s'ils ont moins de cinq années de service. S'ils ont au moins cinq années de service, leur pension sera réglée conformément à l'art. 24.

ART. 27. Si le titulaire a joui simultanément de plus d'un traitement à raison de fonctions différentes, un seul de ces traitements, le plus élevé, servira de base à la liquidation de la pension.

ART. 28. Les pensions des ministres des autres cultes jouissant d'un traitement sur le trésor public, seront réglées conformément au chapitre Ier du présent titre.

TITRE II.

DES PENSIONS DE VEUVES ET ORPHELINS.

CHAPITRE PREMIER.

ÉTABLISSEMENT DE CAISSES DE PENSIONS.

ART. 29. Il sera institué, par le gouvernement, des caisses de pensions au profit des veuves et des orphelins des magistrats,

fonctionnaires ou employés, rétribués par le trésor public, et des ministres des cultes auxquels le mariage est permis.

ART. 30. Ces caisses seront alimentées au moyen de retenues faites sur les traitements et suppléments de traitement.

En aucun cas, elles ne pourront être subsidiées par le trésor public.

ART. 31. Tous les magistrats, fonctionnaires et employés, rétribués par le trésor public, ainsi que les ministres des cultes désignés à l'article 29, contribueront à la caisse qui leur sera assignée.

ART. 32. L'avoir des caisses de pensions, sauf les sommes nécessaires pour le service courant, sera placé en rentes sur l'État ou en obligations du trésor.

ART. 33. Les statuts organiques des caisses, arrêtés par le Roi et insérés au *Bulletin officiel*, détermineront :

1° Les fonctionnaires ressortissant à une même caisse ;

2° Le taux des retenues à prélever sur les traitements et suppléments de traitement, d'après les bases indiquées au chapitre suivant ;

3° Les conditions d'admissibilité à la pension des veuves ou orphelins, ainsi que les règles qui serviront à la liquidation de leurs pensions ;

4° Les cas de déchéance ;

5° Le mode d'administration des caisses.

CHAPITRE II.

REVENUS DES CAISSES DE PENSIONS.

ART. 34. Les revenus des caisses de pensions se composeront des ressources indiquées ci-après, telles qu'elles seront déterminées cumulativement ou séparément, pour chaque caisse, par arrêté royal :

1° Retenue de 5 pour cent au plus sur les traitements et suppléments de traitement, sur les remises et sur les émoluments, sans pouvoir excéder une somme annuelle de 500 francs par traitement ;

2° Retenue du premier mois, au plus, de tout traitement ou supplément de traitement, des remises ou émoluments accordés à l'avenir ;

3° Retenue, pendant un mois au moins et trois mois au plus, de toute augmentation de traitement ou supplément de traitement, d'émoluments ou de remises ;

4° Retenues sur les traitements, opérées en vertu des lois ou règlements, pour congé, absence ou punition disciplinaire ;

5° Parts assignées par les lois ou règlements dans les amendes, saisies, confiscations, ou tout autre produit ;

6° Retenues sur les pensions de retraite des magistrats, fonctionnaires ou employés, mariés ou ayant des enfants mineurs ;

7° Retenues sur les traitements et suppléments de traitement équivalentes au montant d'une année de la pension éventuelle des veuves.

Cette dernière contribution pourra être payée en un ou plusieurs termes, selon ce qui sera déterminé dans les statuts arrêtés par le Roi.

ART. 35. Les magistrats, fonctionnaires ou employés démissionnés ou démissionnaires, pourront conserver à leurs femmes et à leurs enfants mineurs des droits éventuels à la pension, en souscrivant l'engagement, dans le délai qui sera assigné, de continuer les versements à la caisse, et en opérant ces versements.

TITRE III.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

CHAPITRE PREMIER.

PENSIONS DE RETRAITE.

SECTION PREMIÈRE.

Inscription des pensions et payement des quartiers.

ART. 36. Les pensions de retraite sont à la charge du trésor public.

ART. 37. Des arrêtés royaux, insérés au *Bulletin officiel*, détermineront :

1° Les formes dans lesquelles seront justifiées les causes, la nature, la gravité et les suites des infirmités ou blessures, pouvant donner des droits à la pension, selon les cas prévus par la présente loi ;

2° Les pièces et documents qui devront être produits pour justifier des droits à la pension ;

3° Le taux moyen pour lequel le casuel et les autres émoluments entreront dans la liquidation des pensions.

Art. 38. Les crédits nécessaires au service des pensions seront portés au budget du département auquel les intéressés ressortissent. Chaque année, le ministre, lors de la présentation du budget de son département, y joindra une liste nominative et détaillée des personnes admises à la pension dans le courant de l'année.

Art. 39. Aucune pension ne sera accordée qu'en vertu d'un arrêté royal rendu sur le rapport du ministre, au département duquel ressortit l'intéressé.

Chaque arrêté énoncera les motifs et les bases légales de la liquidation de la pension; il mentionnera les certificats et les noms de ceux qui les ont délivrés; il sera inséré au *Bulletin officiel* et par extrait au *Moniteur*.

Art. 40. La pension court à dater du jour où l'intéressé aura cessé de toucher son traitement d'activité.

Art. 41. Nulle demande de pension ne sera admise, si elle n'est présentée, avec les pièces à l'appui, dans le délai de trois ans, à partir du jour indiqué à l'article précédent.

Art. 42. Tout prétendant droit à la pension, qui aura laissé s'écouler plus d'une année, à partir de la même date, sans former de réclamation ou sans justifier de ses titres, n'en jouira qu'à dater du premier jour du trimestre qui suivra celui où sa demande sera parvenue au ministère.

Art. 43. Lorsqu'un pensionnaire aura laissé s'écouler deux années consécutives sans réclamer les quartiers de sa pension, ils seront prescrits. Il ne rentrera en jouissance qu'à dater du premier jour du trimestre qui suivra sa demande.

Aucun payement n'aura lieu au profit d'héritiers ou ayants cause, qui n'auraient pas produit dans l'année l'acte de décès du pensionnaire.

Art. 44. Les pensions seront payées par trimestre, sur certificat de vie des parties prenantes.

Elles seront acquittées intégralement pour tout mois commencé.

Les certificats de vie seront délivrés par l'autorité communale du lieu de la résidence du pensionnaire; ils le seront sans frais pour les pensions n'excédant pas six cents francs.

Art. 45. Les pensions ou les quartiers ne peuvent être saisis, et

ne sont cessibles que jusqu'à concurrence d'un cinquième pou dette envers le trésor public, et d'un tiers pour les causes expri mées aux art. 203, 205 et 214 du code civil.

SECTION II.

Interdiction du cumul; cas de déchéance.

ART. 46. Nul ne pourra jouir simultanément, à charge du tréso public, de deux pensions, ou d'un traitement et d'une pensio L'intéressé aura le choix du traitement ou de la pension.

L'option du pensionnaire pour le traitement n'aura d'autre eff que de suspendre la jouissance de la pension aussi longtemps qu' touchera le traitement.

Dans tous les cas, les derniers services seront ajoutés aux pré cédents pour faire opérer éventuellement une nouvelle liquidatio de sa pension.

ART. 47. Sont exceptés des dispositions qui précèdent :

1° Le traitement et la pension qui, réunis, n'excèdent pas fr. 1,200 il sera permis de les cumuler, s'ils sont dus à raison de services di férents ;

2° Les pensions qui, réunies, n'excèdent pas fr. 800 ;

3° Les pensions accordées à titre onéreux ;

4° Les pensions attachées à un ordre militaire, en vertu des lois

ART. 48. Toute personne jouissant d'une pension sera tenue sous peine de déchéance, de résider dans le royaume, à moin d'une autorisation expresse du Roi.

Dans ce cas, il sera fait une retenue de $^1/_3$ sur toute pension d 2,000 fr. et au-dessus.

ART. 49. La condamnation à une peine infamante emporte l privation de la pension ou du droit à l'obtenir ; la pension pourr être rétablie ou accordée en cas de grâce, et sera rétablie en cas d réhabilitation du condamné, le tout sans rappel pour les quartier échus.

Dans les cas prévus par le paragraphe précédent, il sera payé sur le trésor public, à la femme ou aux enfants mineurs du con damné, une pension équivalente à celle qu'ils auraient reçue de l caisse des veuves et orphelins, s'il était décédé.

Cette pension cessera lors du décès du condamné, ou du rétablissement de sa pension.

Art. 50. Tout magistrat, fonctionnaire ou employé, révoqué de ses fonctions ou démissionnaire, perd ses droits à la pension; cependant le gouvernement pourra l'y admettre ou lui en accorder les $^2/_3$, lors de la révocation, s'il est dans l'un des cas prévus par le titre 1er de la présente loi.

Si le démissionné ou démissionnaire est remis en activité, les années de service antérieures lui seront comptées.

CHAPITRE II.

PENSIONS DES VEUVES ET ORPHELINS.

Art. 51. Les pensions des veuves et orphelins sont à la charge de la caisse à laquelle le défunt a contribué.

Art. 52. Aucune pension ne sera accordée que par un arrêté royal, rendu sur le rapport du ministre au département duquel ressortit la caisse.

Art. 53. Les pensions prennent cours à dater du premier du mois qui suit le décès.

Les dispositions des art. 44 et 45 ci-dessus leur sont applicables.

Art. 54. Nulle pension ne peut excéder la moitié du traitement du défunt, ni un *maximum* de fr. 4,000.

Art. 55. Toute veuve qui se remarie perd ses droits à la pension.

Art. 56. La femme qui se marie avec un pensionnaire ou avec un magistrat, fonctionnaire ou employé, démissionné ou démissionnaire, et les enfants issus du mariage, n'ont aucun droit à la pension.

Art. 57. Lorsque, par suite d'un changement d'attributions, pour une ou plusieurs catégories de fonctionnaires, il y aura lieu à liquidation entre deux caisses, un arrêté royal en fixera les bases et les conditions.

TITRE IV.

DISPOSITIONS TRANSITOIRES.

Art. 58. Les pensions inscrites actuellement à la charge de la caisse de retraite du ministère des finances et de l'administration des postes, seront acquittées par le trésor public, à dater du premier jour du mois qui suivra la promulgation de la présente loi.

Elles seront sujettes à révision.

La réversion de ces pensions actuellement inscrites, stipulée e faveur des veuves et orphelins, dans les cas et de la manière prévu par le règlement du 29 mai 1822, est maintenue.

Art. 59. Les fonctionnaires et employés ressortissant au mini tère des finances ou à l'administration des postes, actuellement e fonctions, conservent la faculté de faire liquider éventuellemer leur pension d'après les bases de l'arrêté royal du 29 mai 182 Toutefois, les services postérieurs à la présente loi ne seront p pris en considération pour dépasser les limites établies par l'art. ci-dessus.

Ceux qui ont des services admis aux termes de l'art. 60 du r glement du 29 mai 1822, ou admissibles de plein droit suiva l'art. 59 du même règlement, sont maintenus dans la jouissan des droits qu'ils ont acquis de ce chef. Néanmoins, aucune pensi ne pourra dépasser la somme de 6,000 francs.

Art. 60. A dater du 1er du mois qui suivra la promulgation la présente loi, les pensions inscrites au profit des pilotes et se vies par la caisse du pilotage, seront acquittées par le trésor publi

L'actif de cette caisse, en calculant d'après les revenus, se partagé au prorata des dépenses dont l'État et la caisse se trouv ront chargés à la même date.

Art. 61. Les professeurs et autres personnes attachées actuel ment aux universités de l'État, pourront réclamer le bénéfice règlement du 25 septembre 1816.

Les pensions des veuves et des orphelins des professeurs q viendront à décéder dans les cinq années après la promulgation la présente loi, seront liquidées d'après les bases de l'art. 87 même règlement, et resteront à la charge du trésor public.

Art. 62. Les magistrats, fonctionnaires et employés qui n'o contribué jusqu'à présent à aucune caisse de retraite de veuves orphelins, qui sont célibataires ou veufs sans enfants mineurs, qui seront âgés de plus de 55 ans, au moment de la promulgati de la présente loi, ne seront point tenus à contribuer à la caisse retraite (1) instituée en vertu de l'art. 29 de la loi pour les adm nistrations auxquelles ils ressortissent.

(1) C'est par erreur que le législateur s'est servi ici deux fois de l'expres *caisse de retraite*, pour indiquer les caisses de veuves et orphelins.

Un délai de trois mois, à dater de l'institution de la caisse qui leur est assignée, leur est accordé pour déclarer leur intention d'user de la faculté que leur laisse le paragraphe précédent.

ART. 63. Le temps d'interruption du culte catholique, sous le gouvernement de la république française, comptera dans la supputation des années de service des ministres de ce culte.

ART. 64. Les dispositions de la présente loi sont applicables aux ministres des différents cultes qui, à raison de leur âge ou de leurs infirmités, ont cessé leurs fonctions depuis la publication de la constitution, et à ceux dont les pensions n'auraient pas été liquidées auparavant.

L'inscription et le payement de ces pensions n'auront lieu qu'à partir du 1er du mois qui suivra la promulgation de la loi.

ART. 65. Sont abrogés les lois, arrêtés et règlements, concernant:

1° Les pensions civiles ou ecclésiastiques de retraite;

2° La caisse de retraite et des veuves, établie au ministère des finances.

Néanmoins, jusqu'à la révision des lois relatives à la poste aux chevaux, les dispositions de la loi du 19 frimaire an VII, sur les pensions des postillons, sont maintenues.

Mandons et ordonnons que les présentes, revêtues du sceau de l'État, insérées au *Bulletin officiel*, soient adressées aux cours et tribunaux et aux autorités administratives, pour qu'ils les observent et fassent observer comme loi du royaume.

Donné à Paris, le 21 juillet 1844.

LÉOPOLD.

PAR LE ROI :

Le ministre des finances,

MERCIER.

Vu et scellé du sceau de l'État :

Le ministre de la justice,

Baron J. D'ANETHAN.

ANNEXE.

TABLEAU DES FONCTIONNAIRES ET EMPLOYÉS DÉSIGNÉS DANS LES ARTICLES 2 ET 8 DE LA LOI.

I. — MINISTÈRE DES FINANCES.

Douanes.

Inspecteurs.
Contrôleurs.
Lieutenants.
Sous-lieutenants.
Brigadiers.
Sous-brigadiers.
Préposés de 1re classe.
Id. 2e classe.
Patrons.
Matelots.
Mousses.

Accises.

Contrôleurs.
Commis de 1re classe.
Id. 2e classe.
Id. 3e classe.

Eaux et forêts.

Brigadiers.
Gardes.

II. — MINISTÈRE DE LA MARINE.

Chefs-pilotes.
Sous-chefs-pilotes.
Patrons-pilotes.
Pilotes.
Élèves-pilotes.
Aspirants-élèves-pilotes.

Matelots.
Machinistes.
Chauffeurs.

III — MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

Chemin de fer.

Machinistes.
Chauffeurs.
Gardes-convoi.
Gardes-tender.
Gardes-frein.
Coke-fourniers.

Postes.

Facteurs.
Courriers des malles.

Ponts et chaussées.

Ingénieurs,
Sous-ingénieurs,
Conducteurs,
} en service dans les polders.

Mines.

Ingénieurs.
Sous-ingénieurs.
Conducteurs.

Vu le présent tableau, annexé à la loi du 21 juillet 1844.

LÉOPOLD.

PAR LE ROI :
Le ministre des finances.
MERCIER.

LOI

SUR LES PENSIONS DES MINISTRES.

LÉOPOLD, ROI DES BELGES,

A tous présents et à venir, salut.

Nous avons, de commun accord avec les chambres, décrété et nous ordonnons ce qui suit :

ART. 1er. Tout chef de département qui, depuis les événements de 1830, comptera deux années de fonctions ministérielles, aura droit à une pension de fr. 4,000.

La pension sera augmentée de fr. 500 pour chaque année ultérieure de fonctions ministérielles, et pour chaque année antérieure ou ultérieure d'autres fonctions, de $^1/_{60}$ du traitement qui leur est affecté.

Elle ne pourra, en aucun cas, dépasser le *maximum* de fr. 6,000.

ART. 2. Le temps passé à la tête d'un département ministériel, à partir du 1er octobre 1830, sera compté triple pour la liquidation des pensions.

ART. 3. Les articles 36 à 49 inclusivement de la loi générale sur les pensions civiles, sont applicables aux pensions qui seront accordées en vertu de la présente loi.

Mandons et ordonnons que les présentes, revêtues du sceau de l'État, insérées au *Bulletin officiel*, soient adressées aux cours et tribunaux et aux autorités administratives, pour qu'ils les observent et fassent observer comme loi du royaume.

Donné à Paris, le 21 juillet 1844.

LÉOPOLD.

PAR LE ROI :

Le ministre des finances.

MERCIER.

Vu et scellé du sceau de l'État :
Le ministre de la justice,

Baron J. D'ANETHAN.

ARRÊTÉ ROYAL RELATIF AUX RETENUES A OPÉRER PROVISOIREMENT POUR LA FORMATION DES CAISSES DE PENSIONS AU PROFIT DES VEUVES ET ORPHELINS.

LÉOPOLD, ROI DES BELGES,

A tous présents et à venir, salut.

Vu la loi de ce jour, sur les pensions civiles et ecclésiastiques, et notamment les articles 29, 30, 31, le § 2 de l'article 33 et le § 1er de l'article 34, ainsi conçus :

« ART. 29. Il sera institué, par le gouvernement, des caisses de pensions au profit des veuves et orphelins des magistrats, fonctionnaires ou employés rétribués par le trésor public, et des ministres des cultes auxquels le mariage est permis.

« ART. 30. Ces caisses seront alimentées au moyen de retenues faites sur les traitements et suppléments de traitement.

« ART. 31. Tous les magistrats, fonctionnaires et employés, rétribués par le trésor public, ainsi que les ministres des cultes désignés à l'article 29, contribueront à la caisse qui leur sera assignée.

« ART. 33. Les statuts organiques des caisses, arrêtés par le Roi et insérés au *Bulletin officiel*, détermineront :

« 1° Les fonctionnaires, etc. ;

« 2° Le taux des retenues à prélever sur les traitements et suppléments de traitement, d'après les bases indiquées au chapitre suivant.

« ART. 34. Les revenus des caisses de pensions se composeront des ressources indiquées ci-après, telles qu'elles seront déterminées cumulativement ou séparément, pour chaque caisse, par arrêté royal :

« 1° Retenue de 5 pour cent au plus sur les traitements et suppléments de traitement, sur les remises et les émoluments, sans pouvoir excéder une somme annuelle de 500 francs par traitement. »

Sur la proposition de notre ministre des finances; nos ministres de la justice, de l'intérieur, des affaires étrangères, de la guerre et des travaux publics, entendus ;

Nous avons arrêté et arrêtons :

ART. 1er. Les retenues auxquelles les traitements et supplément de traitement, les remises et les émoluments des fonctionnaire et employés de plusieurs départements ministériels sont actuelle ment soumis, soit pour la pension des fonctionnaires et employé eux-mêmes, soit au profit de caisses de veuves et orphelins, con tinueront provisoirement et sauf régularisation, d'être opéré d'après les bases et les conditions déterminées par les disposition réglementaires en vigueur.

ART. 2. Le taux de la retenue à opérer sur les traitements suppléments de traitement, sur les remises et sur les émolument des magistrats, fonctionnaires et employés non compris dans l'a ticle précédent, et des ministres des cultes auxquels le mariage e permis, est fixé à 3 p. c., aussi provisoirement et sauf régular sation.

ART. 3. En attendant l'adoption des statuts organiques et de autres dispositions pour l'exécution de la loi précitée, notre m nistre des finances prescrira les mesures provisoires nécessaire pour opérer les retenues mentionnées à l'article 2 précédent.

Notre ministre des finances est chargé de l'exécution du préser arrêté.

Donné à Paris, le 21 juillet 1844.

LÉOPOLD.

PAR LE ROI :

Le ministre des finances,

MERCIER.

STATUTS ORGANIQUES.

LÉOPOLD, ROI DES BELGES,

A tous présents et à venir, salut.

Vu la loi du 21 juillet 1844, sur les pensions civiles et ecclésiastiques, et notamment les art. 29, 30, 31 et 33, ainsi conçus :

« ART. 29. Il sera institué, par le gouvernement, des caisses de » pensions au profit des veuves et des orphelins des magistrats, » fonctionnaires ou employés rétribués par le trésor public, et des » ministres des cultes auxquels le mariage est permis.

« ART. 30. Ces caisses seront alimentées au moyen de retenues » faites sur les traitements et suppléments de traitement.

« En aucun cas, elles ne pourront être subsidiées par le trésor » public.

« ART. 31. Tous les magistrats, fonctionnaires et employés, » rétribués par le trésor public, ainsi que les ministres des cultes » désignés à l'art. 29, contribueront à la caisse qui leur sera as- » signée.

« ART. 33. Les statuts organiques des caisses, arrêtés par le Roi » et insérés au *Bulletin officiel*, détermineront :

» 1° Les fonctionnaires ressortissant à une même caisse ;

» 2° Le taux des retenues à prélever sur les traitements et sup- » pléments de traitement, d'après les bases indiquées au chapitre » suivant ;

» 3° Les conditions d'admissibilité à la pension des veuves ou » orphelins, ainsi que les règles qui serviront à la liquidation de » leurs pensions ;

» 4° Les cas de déchéance ;

» 5° Le mode d'administration des caisses. »

Sur la proposition de nos ministres des travaux publics et d finances ,

NOUS AVONS APPROUVÉ ET ARRÊTONS :

Les statuts organiques de la caisse des veuves et orphelins , d fonctionnaires et employés du département des travaux publi sont arrêtés ainsi qu'il suit :

CHAPITRE PREMIER.

INSTITUTION ET ORGANISATION.

ART. 1er. Il est institué , au ministère des travaux publics , u caisse de pensions de veuves et orphelins.

ART. 2. Tous les fonctionnaires et employés de l'administrati centrale du ministère des travaux publics, et des administrati qui en dépendent , ressortiront à cette caisse.

ART. 3. Un conseil de neuf membres interviendra dans l'adm nistration de la caisse , conformément aux présents statuts.

ART. 4. Le conseil de la caisse est composé :

1° D'un membre de l'administration centrale du ministère travaux publics ;

2° D'un membre du conseil des mines ;

3° D'un fonctionnaire du corps des ingénieurs des mines ;

4° De deux fonctionnaires du corps des ponts et chaussées ;

5° De deux fonctionnaires de l'administration des chemins de f

6° De deux fonctionnaires de l'administration des postes.

ART. 5. Les membres du conseil sont nommés , par arrêté roy pour le terme de six ans.

Leur mandat est gratuit et toujours révocable.

ART. 6. La qualité de membre du conseil se perd par la cessati des contributions à la caisse.

ART. 7. Le conseil est partagé en deux séries.

Tous les trois ans , les membres de l'une des séries cessent faire partie du conseil.

Un tirage au sort déterminera les membres composant la p mière série.

ART. 8. Les membres sortants peuvent être nommés de nouve

Le membre nommé en remplacement d'un membre décédé, démissionnaire, révoqué ou cessant, pour toute autre cause, de faire partie du conseil, achève le terme de celui qu'il remplace.

ART. 9. Il pourra être nommé un ou plusieurs suppléants.

Les quatre articles précédents leur seront applicables.

ART. 10. Le président est nommé par le Roi dans le sein du conseil.

Le conseil choisit un vice-président et un secrétaire parmi ses membres.

ART. 11. Le conseil se réunit, au moins une fois, chaque trimestre.

Il peut être convoqué extraordinairement par le président.

ART. 12. Le conseil arrête son règlement d'ordre intérieur.

Ce règlement n'aura de force qu'après avoir été approuvé par le ministre des travaux publics.

ART. 13. Indépendamment des attributions spéciales résultant des présents statuts, le conseil donne son avis sur toutes les affaires relatives à l'administration de la caisse, qui lui sont soumises par le ministre.

Il peut faire au ministre, sur tous les objets qui intéressent la caisse, telles propositions qu'il juge utiles.

CHAPITRE II.

RECETTES.

SECTION PREMIÈRE. — *Revenus de la caisse.*

ART. 14. Tous traitements, suppléments de traitement, remises, casuel ou émoluments des fonctionnaires et employés désignés à l'art. 2, subiront au profit de la caisse, s'ils s'élèvent ensemble :

A 3,000 francs et au-dessus, une retenue de 3 p. $^0/_0$;

A moins de 3,000 francs, une retenue de $2\,^1/_2$ p. $^0/_0$.

ART. 15. Seront également retenus au profit de la caisse :

1° Pour les fonctionnaires ou employés qui seront nommés à l'avenir, le montant du premier mois de tous traitements, suppléments de traitement, remises, casuel ou émoluments, s'élevant ensemble à 1,200 francs ou plus ; s'ils sont inférieurs à cette somme, le montant de la moitié du premier mois (Art. 34, n° 2, de la loi);

2° Les deux premiers mois de toute augmentation de traitement, supplément de traitement, remises, casuel ou émoluments, qui sera obtenue à l'avenir (Art. 34, n° 3, de la loi);

3° Les sommes qui, en vertu des lois ou règlements, seront assignées à la caisse, pour congés, absences ou punitions disciplinaires. (Art. 34, n° 4, de la loi.)

Art. 16. A l'avenir, tout fonctionnaire ou employé ressortissant à la caisse, qui se mariera, ou qui, marié, viendra y participer, subira au profit de la caisse, sur ses traitement, supplément de traitement, remises, casuel ou émoluments, une retenue extraordinaire de 1 ½ p. %, pendant dix ans. (Art. 34, n° 7, de la loi.)

Ces dix années prendront cours à partir du mariage du fonctionnaire ou employé, ou à dater de son entrée en fonctions, s'il est marié.

Art. 17. La retenue mentionnée à l'article précédent cessera d'être opérée, avant l'expiration des dix années, à partir du décès de la femme ou du divorce.

En cas de nouveau mariage, si cette retenue n'a pas été entièrement acquittée, il n'en sera dû que le complément pour les années restant à courir.

Art. 18. Si le droit à la pension, sur les fonds de la caisse, s'ouvre au profit d'une veuve, avant que les retenues prescrites par les deux articles précédents aient été entièrement acquittées, il sera fait une retenue de 10 p. %, sur la pension de cette veuve, jusqu'à payement total des sommes restant dues, à raison du dernier traitement du défunt.

Art. 19. Dans les cas prévus par les art. 16 et 17, si le mari est plus âgé que sa femme de vingt ans au moins jusqu'à l'âge indiqué à l'article 39, la disproportion d'âge donnera lieu à une retenue supplémentaire, savoir :

1	p. %	si la différence est de	20 à 25 ans ;
1 ½	p. %	id.	id. 25 à 30 ans ;
2	p. %	id.	id. 30 à 35 ans.

Cette retenue cessera d'être opérée à partir du décès de la femme ou du divorce, s'il n'existe pas d'enfants âgés de moins de dix-huit ans. S'il en existe, la retenue sera continuée, jusqu'à ce que

tous les enfants aient atteint l'âge de dix-huit ans ou soient décédés.

Art. 20. Le montant des retenues prescrites par les art. 14 et 19 ne pourra excéder, par traitement, une somme annuelle de 500 francs, ni la proportion de 5 p. °/₀. (Art. 34, n° 1, de la loi.)

Art. 21. Seront seuls frappés des retenues ci-dessus désignées, les traitements, suppléments de traitement, remises, casuel ou émoluments, qui, d'après l'art. 10 de la loi générale, sont compris dans la liquidation des pensions de retraite.

Le taux moyen déterminé en exécution du n° 3 de l'art. 37 de la même loi, servira de base à toute retenue qui portera sur le casuel et les autres émoluments.

Art. 22. Pendant la durée du mariage, ou après sa dissolution jusqu'à ce que les enfants aient atteint l'âge de 18 ans, les pensions de retraite des fonctionnaires ou employés qui auront contribué à la caisse, seront frappées, à son profit, d'une retenue (Art. 34 n° 6, de la loi) :

De 2 p. °/₀, si la pension est de 2,000 francs et au-dessus;

De 1 ½ p. °/₀, si la pension est de 1,000 à 2,000 francs.

Cette retenue ne donnera pas droit à une augmentation du montant de la pension, à raison des années de contributions, telle qu'elle est fixée par l'art. 45. Cependant, il sera facultatif aux intéressés de conserver à leurs femmes et à leurs enfants ce droit à une augmentation éventuelle, en souscrivant l'engagement, dans les six mois de la cessation d'activité, de continuer à payer une retenue égale à celle qu'ils subissaient sur leur dernier traitement.

Le pensionnaire continuera à subir, le cas échéant, à raison de son dernier traitement, les retenues prescrites par les art. 16, 17 et 19.

Art. 23. Le fonctionnaire ou employé démissionnaire ou démissionné, qui voudra conserver à sa femme et à ses enfants leurs droits éventuels à la pension, devra, dans les six mois de la démission ou de la révocation, souscrire l'engagement de payer à la caisse, par semestre, et dans le courant du premier mois, pour le semestre entier :

1° Une somme égale au montant de la retenue ordinaire, à laquelle il était assujetti sur son dernier traitement;

2° S'il y a lieu, le complément des versements à effectuer, à

raison de son dernier traitement, en exécution des art. 1[illegible] et 17.

En cas d'inexécution de cet engagement, il y aura déchéanc[illegible] de tout droit à l'égard de la caisse; les sommes antérieuremen[illegible] payées lui demeureront acquises. (Art. 35 de la loi.)

ART. 24. Les dons et legs faits à la caisse seront acceptés dan[illegible] les formes prescrites pour les établissements publics, par le mi[illegible] nistre des travaux publics, le conseil de la caisse entendu.

Le ministre agira de même, au nom de la caisse, dans les affa[illegible] res judiciaires, après avoir pris l'avis du conseil.

SECTION II. — *Comptabilité et contrôle.*

ART. 25. Les traitements et suppléments de traitement ne s[illegible] ront mandatés au profit des titulaires, qu'à concurrence des sor[illegible] mes auxquelles ils s'élèveront, après déduction des retenues établ[illegible] au profit de la caisse des veuves et orphelins, soit que ces retenu[illegible] portent sur le traitement, soit qu'elles portent sur le casuel et l[illegible] autres émoluments.

Il en sera de même pour les pensions soumises à retenue, a[illegible] profit de la caisse.

ART. 26. Le montant des retenues opérées sera mis à la dispo- sition de la caisse, par des demandes de payement spéciales établies à son profit, et formées par le ministre des travaux publics.

Le montant de ces demandes sera porté, par le directeur de l'administration du trésor public, à l'avoir de la caisse.

ART. 27. Les payements, dans le cas prévu par l'art. 25, seront faits entre les mains d'un agent du caissier général de l'État, contre quittance de versement, portant une imputation spéciale au nom de la caisse des veuves et orphelins du ministère des travaux publics.

Cette quittance sera transmise au ministre des travaux publics.

ART. 28. La comptabilité de la caisse sera tenue au départemen[illegible] des travaux publics, sous la surveillance du ministre.

Les livres et toutes les pièces relatives à l'administration de l[illegible] caisse seront à la disposition du conseil, et pourront être exami- nés par chacun de ses membres.

Art. 29. Il sera tenu un état permanent des fonctionnaires et employés participant à la caisse.

Un état détaillé des mutations sera dressé chaque année, et remis au conseil.

Art. 30. Le directeur de l'administration du trésor public ouvrira un compte courant à la caisse.

Tous les trois mois, il transmettra au ministre des travaux publics un extrait de ce compte.

Art. 31. L'état trimestriel de situation sera remis au conseil, après avoir été vérifié, et, s'il y a lieu, avec les observations du fonctionnaire ou de l'employé chargé de la comptabilité de la caisse.

Art. 32. L'avoir de la caisse sera placé en rentes sur l'État ou en obligations du trésor. (Art. 32 de la loi.)

Le ministre des travaux publics, après avoir pris l'avis du conseil, statuera sur les placements ; il seront faits au nom de la caisse, par l'intermédiaire du ministre des finances.

Toute inscription nominative de rente portera l'annotation suivante : « La présente inscription ne pourra être transférée qu'au « vu d'un avis du conseil de la caisse des veuves et orphelins du « ministère des travaux publics. »

Art. 33. Les intérêts des capitaux inscrits au nom de la caisse lui seront portés en compte par l'administration du trésor public.

Art. 34. Il est interdit de conserver, en fonds au porteur et en numéraire, une somme supérieure au montant des pensions inscrites.

Le ministre prendra, pour l'encaissement des intérêts des fonds au porteur et pour la conservation des capitaux, telles mesures de précaution qu'il jugera utiles.

Art. 35. Le compte et le bilan de la caisse seront dressés chaque année ; ils seront soumis à l'examen du conseil, et, sur le vu de ses observations, arrêtés provisoirement par le ministre.

Dans les six premiers mois de l'année, les comptes de l'année précédente seront adressés, avec les états et pièces justificatives, à la cour des comptes, qui les examinera et arrêtera définitivement.

Art. 36. L'état de situation annuelle sera inséré au *Moniteur*.

CHAPITRE III.

DÉPENSES. — PENSIONS ET SECOURS.

SECTION PREMIÈRE. — *Des pensions.*

§ 1er. — CONDITIONS D'ADMISSIBILITÉ.

ART. 37. Aucune veuve d'un fonctionnaire ou employé n'aura droit à la pension à la charge de la caisse :

1° Si le défunt n'a été, pendant cinq années au moins, revêtu de fonctions rétribuées par le trésor public, et soumises à des retenues ;

2° Si le mariage n'a duré au moins trois années.

ART. 38. « La femme qui se marie avec un pensionnaire ou avec » un magistrat, fonctionnaire ou employé démissionné ou démis- » sionnaire, et les enfants issus du mariage, n'ont aucun droit à » la pension. » (Art. 36 de la loi.)

ART. 39. Pour les fonctionnaires ou employés actuellement en exercice, qui se marieront à l'avenir, et pour les personnes qui, à l'avenir, viendront participer à la caisse, ni la femme devenue veuve, ni les enfants issus du mariage, n'ont de droits à la pension, si la femme était moins âgée que son mari de 35 ans ou plus.

Dans ce cas, les retenues extraordinaires dues à raison de la disproportion d'âge et du mariage ne seront pas opérées.

ART. 40. Les enfants du fonctionnaire ou de l'employé, sans distinction de lits, auront droit à la pension, comme orphelins, jusqu'à ce qu'ils aient atteint l'âge de dix-huit ans, lorsque le défunt, ne laissant pas de veuve admissible à la pension, aura été revêtu, pendant cinq années au moins, d'une des fonctions désignées au n° 1 de l'article 37.

Ils auront le même droit, si la veuve vient à décéder postérieurement, avant qu'ils aient atteint l'âge de 18 ans.

ART. 41. Lorsqu'une femme ayant été revêtue, pendant cinq années au moins, d'une fonction rétribuée par le trésor public et soumise à des retenues, laissera, à son décès, un ou plusieurs enfants au-dessous de l'âge de dix-huit ans, ils n'auront droit à une pension, du chef de leur mère, que si leur père est décédé sans leur laisser de pension sur l'une des caisses établies en exécution de la loi générale.

Ils jouiront des mêmes avantages, si le père décède postérieurement, avant qu'ils aient atteint l'âge de dix-huit ans.

Art. 42. N'ont en aucun cas droit à la pension, ou ne peuvent donner lieu à l'accroissement prévu par l'art. 47 ci-après, que les enfants légitimes ou légitimés.

Art. 43. Dans les cas prévus par l'art. 49 de la loi générale, la pension qui aura été payée sur le trésor public à la femme ou aux enfants mineurs du condamné, leur sera continuée, le cas échéant, par la caisse, à dater du 1er du mois qui suivra le décès; le tout, conformément aux présents statuts.

Art. 44. La veuve et les orphelins du fonctionnaire ou de l'employé qui aura péri dans les circonstances prévues par l'art. 5 de la loi générale, auront droit à la pension, indépendamment de toute durée des services ou du mariage du défunt.

Il en sera de même, si le fonctionnaire ou employé a reçu, dans ces circonstances, des blessures, ou éprouvé des accidents qui auront occasionné la mort, dans l'année de l'événement.

§ 2. — BASES DES PENSIONS.

Art. 45. La pension de la veuve, admissible aux termes du premier paragraphe de la présente section, sera réglée : 1° d'après le traitement moyen dont le défunt aura joui pendant les cinq dernières années, en y comprenant les suppléments, les remises, le casuel ou les émoluments; 2° d'après la durée de sa participation à la caisse, et ce conformément au tableau suivant :

TRAITEMENT MOYEN soumis aux retenues.	PENSION NORMALE.	AUGMENTATION à raison de chaque année de contribution au delà de dix.
Plus de 6000 fr. . .	15 % de ce traitement.	1 p. % de ces traitements, sans pouvoir excéder 100 francs par an.
6000 fr. et au-dessous	16 —	

En aucun cas, la pension normale, calculée sur un traitement supérieur, au moyen du tantième plus faible, ne peut être au-dessous de la pension normale que la veuve obtiendrait en calculant sur un traitement moindre, au moyen du tantième plus fort.

Art. 46. Dans le cas prévu par l'art. 23, le traitement moyen, base de la pension de la veuve, sera le traitement à raison duquel le démissionnaire ou démissionné aura contribué pendant les cinq dernières années.

Art. 47. La pension de la veuve, telle qu'elle sera réglée d'après les articles précédents, s'accroîtra de 2 p. °/₀ du traitement moyen des cinq dernières années, à raison de l'existence de chaque enfant âgé de moins de dix-huit ans, né du mari défunt et sans distinction de lits.

L'accroissement ne pourra néanmoins excéder 10 p. °/₀ de ce traitement.

Il cessera lors du décès des enfants, ou à mesure qu'ils atteindront l'âge de 18 ans.

Art. 48. En aucun cas, la pension de la veuve d'un fonctionnaire ou employé pensionné ne pourra être liquidée, y compris l'accroissement à raison de l'existence d'enfants, à un taux plus élevé que la pension dont le mari jouissait au moment du décès.

Art. 49. La pension d'un orphelin unique sera des $^3/_5$ de la pension dont la mère jouissait, ou à laquelle elle aurait eu droit, indépendamment de toute durée du mariage, d'après les bases indiquées à l'art. 45.

La pension de deux orphelins sera des $^4/_5$ de la même pension.

Celle de trois orphelins, de la totalité.

Pour chaque orphelin au delà de trois, cette pension s'accroîtra de 2 p. °/₀ du traitement moyen des cinq dernières années, sans que cet accroissement puisse excéder 10 p. °/₀ de ce traitement.

Dans tous les cas, la pension cessera d'être payée, ou décroîtra en sens inverse de l'augmentation, lors du décès des ayants droit, ou à mesure qu'ils atteindront l'âge de 18 ans.

Art. 50. Dans les cas prévus par l'art. 41, la pension des orphelins sera calculée, en prenant pour base le traitement moyen de la mère, pendant les cinq dernières années, et en y appliquant les règles prescrites par les art. 45 et 49.

Art. 51. La pension de la veuve et celle des orphelins seront

réglées d'après le dernier traitement, dans les cas prévus par l'article 44.

Les augmentations à raison des années de contribution, et l'accroissement à raison de l'existence d'enfants, s'il y a lieu, seront calculés sur ce traitement.

ART. 52. dans la liquidation des pensions, les jours qui, en total, ne formeront pas un mois, seront négligés; il en sera de même des fractions de franc.

ART. 53. Nulle pension, y compris l'accroissement à raison de l'existence d'enfants, ne peut excéder la moitié du traitement du défunt, qui a servi de base aux retenues, ni un *maximum* de 4,000 francs. (Art. 54 de la loi.)

ART. 54. Si la pension de la veuve, y compris le même accroissement, ne s'élève pas à 120 francs, elle sera portée à ce chiffre.

Toutefois, si le traitement moyen d'après lequel la pension est calculée est de 400 francs ou au-dessous, la limite inférieure est fixée au quart de ce traitement.

§ 5. — DÉCHÉANCES.

ART. 55. La femme divorcée n'a aucun droit à la pension.

ART. 56. La séparation de corps et de biens laisse intacts les droits résultant des présents statuts.

ART. 57. « Toute veuve qui se remarie perd ses droits à la pension. » (Art. 55 de la loi.)

ART. 58. Toute condamnation à une peine infamante emporte privation de la pension, ou du droit à l'obtenir.

La pension sera accordée ou rétablie en cas de réhabilitation; elle pourra l'être, le conseil de la caisse entendu, soit en cas de grâce, soit à l'expiration de la peine.

La jouissance de toute pension sera suspendue, pendant que l'ayant droit subit une peine correctionnelle de plus de six mois d'emprisonnement.

En aucun cas, il ne sera fait rappel des quartiers échus.

ART. 59. Lorsque les droits de la veuve seront éteints ou suspendus, en vertu des art. 55, 57, et 58, les enfants du fonctionnaire ou de l'employé auront droit, conformément aux présents statuts, à recevoir leur pension, comme s'ils étaient orphelins de père et de mère.

§ 4. — OBTENTION DES PENSIONS.

ART. 60. Toute demande de pension sera adressée au ministre des travaux publics.

La requête contiendra l'indication du domicile ou de la résidence, soit de la veuve réclamante, soit du tuteur des orphelins ou enfants mineurs.

ART. 61. La veuve sans enfants mineurs joindra à l'appui de sa demande :

1° Des extraits de son acte de naissance et de celui de son mari ;

2° Un extrait de son acte de mariage ;

3° Un extrait de l'acte de décès du mari ;

4° Les actes de nomination du mari aux fonctions qu'il a remplies, ou une copie certifiée de son état de services, accompagnée des pièces justificatives ;

S'il y lieu :

5° Le brevet de la pension dont le mari jouissait au moment du décès ;

6° Les quittances ou autres pièces, constatant que des contributions facultatives ont été versées à la caisse.

ART. 62. La veuve ayant un ou plusieurs enfants âgés de moins de 18 ans, joindra à sa requête, outre les pièces spécifiées en l'article 61, l'extrait de l'acte de naissance et un certificat de vie de ces enfants.

ART. 63. Le tuteur d'orphelins transmettra :

1° Un extrait de l'acte de tutelle ;

2° Un extrait de l'acte de décès du père et de la mère ;

3° Les actes de nomination du défunt à ses diverses fonctions, ou une copie certifiée de son état de services, accompagnée des pièces justificatives ;

4° Les extraits des actes de naissance de chaque enfant, âgé de moins de 18 ans, et un certificat de vie constatant leur existence.

ART. 64. Le tuteur d'enfants mineurs transmettra :

1° Un extrait de l'acte de tutelle ;

2° Selon les cas prévus par les statuts, les pièces qui établissent le droit des enfants ;

3° Un extrait de l'acte de naissance de chacun d'eux, et un certificat de vie constatant leur existence.

Art. 65. La veuve ou le tuteur qui prétendra droit aux exceptions faites par les art. 44 et 51, joindra aux documents ci-dessus indiqués, des pièces constatant :

1° Si le fonctionnaire ou employé a péri, le jour, le lieu, la nature de l'événement qui a causé la mort ;

2° Si le fonctionnaire ou employé a reçu des blessures ou éprouvé des accidents :

a) Le jour, le lieu, la nature de l'événement ;

b) Que les blessures ou accidents ont occasionné la mort.

Il sera produit, à cet effet, des certificats de deux docteurs en médecine ou en chirurgie. Le ministre pourra en outre, le conseil entendu, exiger d'autres moyens de preuve.

Art. 66. Si les pièces ne peuvent être toutes produites par la veuve ou par le tuteur, la requête en indiquera les motifs.

Le ministre, après avoir pris l'avis du conseil, déterminera comment il sera suppléé aux pièces manquantes.

Art 67. Toute demande de pension sera instruite par les soins du ministre des travaux publics.

La requête, les pièces à l'appui et celles de l'instruction, seront soumises au conseil.

Il sera joint au dossier un avis motivé du fonctionnaire ou de l'employé chargé de la comptabilité de la caisse, et, le cas échéant, un projet de liquidation de la pension.

Le conseil adressera au ministre ses observations par écrit.

Art. 68. Aucune demande de pension ne sera rejetée, aucune pension ne sera accordée, que par arrêté royal rendu sur le rapport du ministre, et sur le vu de l'avis du conseil de la caisse.

Art. 69. L'arrêté qui liquidera une pension, énoncera les bases sur lesquelles elle est établie.

Art. 70. Toute veuve admise à la pension reçoit un brevet.

Le brevet de la pension des orphelins ou enfants mineurs est adressé au tuteur.

Art. 71. Les pièces produites à l'appui d'une demande de pension seront rendues aux intéressés, à moins qu'il ne soit reconnu nécessaire de les conserver.

Art. 72. Aucune demande de pension ne sera admise si elle n'est présentée, avec les pièces à l'appui, dans les trois ans à dater de l'ouverture du droit.

ART. 73. Tout prétendant droit qui aura laissé s'écouler à compter de la même date, plus de six mois sans former de réclamation ou sans justifier de ses titres, ne jouira de la pension qu'à partir du premier jour du trimestre qui suivra celui où sa demande, avec les pièces à l'appui, sera parvenue au ministère.

§ 5. — PAYEMENT DES PENSIONS.

ART. 74. Les pensions seront payées par l'intermédiaire de l'administration du trésor public et de ses comptables en province.

Le payement se fera sur des états collectifs formés au ministère des travaux publics.

Ces états seront adressés aux directeurs du trésor par l'administration du trésor public, qui leur ouvrira les crédits nécessaires à cet effet.

ART. 75. Sauf l'exception établie par l'article 73, les pensions prennent cours à dater du 1er du mois qui suit le décès ou l'événement qui donne ouverture au droit.

Elles sont acquittées intégralement pour tout mois commencé.

ART. 76. Les pensions sont payées par trimestre.

Pour obtenir le payement :

La veuve devra produire : 1° un certificat de vie ; ce certificat constatera, en outre, qu'elle n'a pas contracté un nouveau mariage ; 2° si elle a des enfants âgés de moins de 18 ans, un certificat constatant l'existence de chacun d'eux.

Le tuteur devra produire un certificat de vie des orphelins ou enfants mineurs ayant droit à la pension.

ART. 77. « Les certificats de vie seront délivrés par l'autorité » communale du lieu de la résidence du pensionnaire. Ils le seront » sans frais pour les pensions n'excédant pas 600 francs. » (§ 3 de l'art. 44 de la loi.)

ART. 78. La veuve pensionnée ou le tuteur sera tenu de faire connaître au ministre le chef-lieu d'arrondissement où l'intéressé désire toucher sa pension, et de donner avis de tout changement de résidence.

ART. 79. Lorsqu'un pensionnaire aura laissé s'écouler deux années consécutives sans réclamer les quartiers de sa pension, ils seront prescrits. Il ne rentrera en jouissance qu'à dater du premier jour du trimestre qui suivra sa demande.

Aucun payement n'aura lieu au profit d'héritiers ou ayants cause, qui n'auraient pas produit, dans l'année, l'acte de décès du pensionnaire.

ART. 80. « Les pensions ou leurs quartiers ne peuvent être saisis « et ne sont cessibles que jusqu'à concurrence d'un cinquième pour « dette envers le trésor public, et d'un tiers pour les causes ex- « primées aux art. 203, 205 et 214 du code civil. » (Art. 45 de la loi.)

SECTION II. — *Des secours.*

ART. 81. Lorsque la veuve, dont le mari jouissait en dernier lieu d'un traitement de 2,000 francs ou au-dessous, n'aura pas droit à la pension, dans les cas prévus par l'art. 37, s'il n'existe pas d'enfant qui y ait des droits, il sera payé à la veuve, sur sa demande et en vertu d'un arrêté royal, le conseil de la caisse entendu, une somme égale aux retenues qui ont été opérées, à raison de son mariage, en exécution des art. 16 et 17.

ART. 82. Dans aucun autre cas, il ne pourra être disposé des fonds de la caisse à titre de secours.

CHAPITRE IV.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES ET TRANSITOIRES.

SECTION PREMIÈRE. — *Dispositions générales.*

ART. 83. Aucun fonctionnaire ou employé ne pourra acquérir simultanément des droits éventuels, pour sa femme et pour ses enfants, à la charge de plus d'une des caisses de pensions instituées par le gouvernement.

Celui qui ressortirait à plusieurs caisses, à raison d'emplois différents, contribuera à la caisse du département ou de l'administration où il jouit du traitement le plus élevé. En cas de parité de traitement, l'option lui appartiendra.

En tout cas, le fonctionnaire ou employé, désigné à l'art. 2, donnera avis, par écrit, au ministre des travaux publics, soit de l'option, soit de l'existence de ces emplois différents, dans les trois mois de la mise en vigueur des présents statuts, ou, pour l'avenir, dans les trois mois de sa nomination. Après ce délai, les sommes perçues ne seront pas remboursées, et il sera statué sur l'option, par arrêté ministériel, le conseil de la caisse entendu.

Les retenues seront faites, au profit de la caisse et d'après ses statuts, sur le montant total des traitements, suppléments, remises, casuel ou émoluments touchés à des titres différents.

Art. 84. Lorsque, par suite d'un changement d'attributions, pour une ou plusieurs catégories de fonctionnaires, il y aura lieu à liquidation entre la caisse et une autre caisse instituée en vertu de la loi générale, le conseil sera consulté sur les bases et les conditions à régler par arrêté royal. (Art. 57 de la loi.)

Art. 85. Les différentes caisses tiendront compte éventuellement aux fonctionnaires ou employés mariés, et changeant d'administration, des versements qu'ils auraient faits dans une autre caisse, en exécution du n° 7 de l'art. 34 de la loi générale.

Art. 86. Les fonctionnaires ou employés qui ont des services militaires effectifs, admissibles aux termes de la loi du 24 mai 1838, pourront les faire compter pour l'augmentation de la pension éventuelle de leurs femmes et de leurs enfants, en subissant, indépendamment des retenues ordinaires, et même lorsque celles-ci atteindraient le *maximum* établi par la loi, une retenue spéciale de 2 p. % de leurs traitements, suppléments, remises, casuel ou émoluments, pendant un nombre d'années égal à celui des services militaires.

Ceux qui voudront user de cette faculté en feront la déclaration par écrit au ministre des travaux publics, dans les six mois de l'institution de la caisse, et pour l'avenir, dans les six mois de la nomination. Il leur sera permis, dans le même délai, de verser en une fois la somme représentant la totalité de leurs années de service.

Si le droit à la pension, sur les fonds de la caisse, s'ouvre avant que cette retenue ait été entièrement subie, la caisse ne tiendra compte que du nombre d'années de services pour lequel la contribution aura été payée.

Art. 87. Pour régler la pension de la veuve ou des orphelins, la caisse tiendra également compte, d'après ses statuts, des années durant lesquelles le fonctionnaire ou l'employé décédé aura contribué soit à la caisse de retraite du ministère des finances, soit à l'ancienne caisse du waterstaat ou à l'une des caisses supprimées par l'article 97, soit à l'une ou successivement à plusieurs des caisses établies en vertu de la loi générale.

Art. 88. A l'avenir, tout fonctionnaire ou employé ressortissant à la caisse, qui se mariera, ou toute personne mariée qui viendra y participer, adressera au ministre, dans les trois mois à dater du mariage ou de l'entrée en fonctions :

1° Un extrait de son acte de naissance et de celui de son conjoint;

2° Un extrait de l'acte de mariage.

Art. 89. A défaut d'avoir satisfait à l'article précédent, le fonctionnaire ou employé subira sur ses traitement, supplément de traitement, remises, casuel ou émoluments, dans l'espace d'une année à dater de la connaissance acquise du fait, une retenue exceptionnelle, égale à l'arriéré dû à la caisse aux termes des art. 16 et 17, et ce indépendamment des retenues ordinaires.

Art. 90. Dans tous les cas où, lors de la liquidation d'une pension à la charge de la caisse, il sera reconnu que des sommes qui lui étaient acquises n'ont pas été payées, ces sommes seront prélevées sur la pension, au moyen d'une retenue qui sera fixée par l'arrêté de liquidation.

Cette retenue ne pourra, toutefois, s'élever à plus de 15 p. % de la pension.

Art. 91. Le conseil veillera à ce que les pensions accordées aux orphelins ou aux enfants mineurs, soient effectivement employées à leurs besoins et à leur éducation.

En cas de nouveau mariage, ou de l'existence d'enfants de lits différents, le conseil pourra proposer et le ministre ordonner, une répartition de la pension entre les divers intéressés.

Art. 92. Si les ressources de la caisse sont insuffisantes pour le service des pensions inscrites, les retenues seront augmentées jusqu'à ce qu'elles aient atteint le *maximum* fixé par la loi.

Si les ressources sont encore insuffisantes après que les retenues auront été portées au *maximum*, les pensions seront réduites de la manière qui sera déterminée par arrêté royal.

Art. 93. A l'époque où les dépenses normales de la caisse pourront être évaluées, si l'actif s'est accumulé au delà des besoins probables de l'avenir, l'on pourra, ou diminuer le taux des retenues déterminées ci-dessus, ou cesser d'opérer quelques-unes de ces retenues.

Art. 94. Dans les cas prévus par les deux articles précédents,

il sera statué par arrêté royal, et sur le vu d'un avis motivé du conseil de la caisse.

Art. 95. Aucun changement ne pourra être fait aux statuts que par arrêté royal, le conseil de la caisse entendu.

SECTION II. — *Dispositions transitoires.*

Art. 96. Le fonctionnaire ou employé qui voudra user de la faculté accordée par l'art. 62 de la loi générale sur les pensions, déclarera par écrit son intention au ministre des travaux publics, dans les trois mois de l'institution de la caisse.

Il joindra à la déclaration un extrait de son acte de naissance.

Après l'expiration de ce délai, les retenues seront opérées de plein droit à l'égard des fonctionnaires ou employés qui, pouvant invoquer l'exception faite par la loi, n'auront pas déclaré leur intention, et à l'égard de ceux qui, ayant invoqué l'exception, seront reconnus par le ministre, le conseil de la caisse entendu, n'y avoir point de droits.

Dans les deux cas prévus par le § précédent, les sommes qui pourraient être dues à la caisse, à raison des trimestres échus, seront prélevées au moyen d'une retenue spéciale.

Art. 97. Sont supprimées :

1° La caisse des veuves et orphelins du corps des ponts et chaussées. L'arrêté royal du 9 septembre 1841 (*Bulletin officiel*, n° 1015) est abrogé ;

2° La caisse des veuves et orphelins des ingénieurs du corps des mines. L'arrêté royal du 22 octobre 1841 (*Bulletin officiel*, n° 1150) est abrogé ;

3° La caisse de pensions des veuves et orphelins des employés du chemin de fer et de l'administration centrale du département des travaux publics. Le règlement du 1er septembre 1838 (*Bulletin officiel*, n° 1305) est abrogé, en tant qu'il concerne la caisse de pensions.

La caisse de secours pour les ouvriers est provisoirement maintenue ; elle sera réorganisée.

Art. 98. A dater du 1er janvier 1845 :

1° Les retenues opérées en vertu des règlements des caisses supprimées par l'article précédent, cesseront d'être effectuées ;

2° L'actif de ces caisses est acquis à la caisse des veuves et orphe-

lins du ministère des travaux publics. Il formera, sans distinction d'origine, l'actif commun, et sera placé, s'il y a lieu, conformément aux présents statuts;

3° Les pensions inscrites à la charge des mêmes caisses seront acquittées par la caisse des veuves et orphelins du ministère des travaux publics;

4° Seront également supprimées les retenues opérées, en vertu de l'arrêté royal du 21 juillet 1844, sur les traitements, suppléments de traitement, remises et émoluments de fonctionnaires ou employés ressortissant au département des travaux publics. Le montant net de ces retenues, après régularisation sur les bases indiquées à l'art. 14, sera versé dans la caisse instituée par les présents statuts.

Art. 99. Sont dispensées des conditions exigées par le n° 1 de l'art. 37, pour l'admissibilité à la pension :

1° Les veuves des fonctionnaires et employés actuellement en exercice, et qui ont participé à l'une des caisses supprimées par l'art. 97;

2° Les veuves des fonctionnaires et employés actuellement en exercice, qui, n'ayant pas participé à ces caisses, ont au moins cinq années de service. Les années de service au-dessous de cinq compteront néanmoins, pour parfaire ce nombre, aux veuves des fonctionnaires et employés actuellement en exercice, et qui viendraient à décéder dans les cinq années de l'institution de la caisse.

Les veuves de ces fonctionnaires, si le mariage est antérieur à la mise en vigueur des présents statuts, sont en outre dispensées de la condition exigée par le n° 2 de l'article 37.

Art. 100. Les sommes versées à la caisse de pensions créée par arrêté royal du 1er septembre 1838, en exécution des art. 5 et 6 de cet arrêté, par des fonctionnaires ou employés actuellement en exercice, leur seront remboursées.

Les retenues exercées sur les pensions de veuves ou orphelins, en exécution de l'art. 11 de ce même arrêté, cesseront d'être effectuées.

Art. 101. Par dérogation à l'art. 87, les années de service des fonctionnaires actuellement en exercice dans le corps des ingénieurs des mines, soit comme ingénieurs, soit comme aspirants, sous le gouvernement des Pays-Bas, leur seront comptées indépendamment de toute contribution.

Art. 102. Les présents statuts seront appliqués, dans leurs dispositions, à dater du 1er janvier 1845.

Toutefois, les pensions de veuves ou orphelins de fonction ou employés ressortissant au département des travaux p et qui seraient décédés depuis le 1er août dernier, seront li conformément aux présents statuts, sans qu'en aucun ca puissent être inférieures aux pensions fixées par les règle abrogés.

Nos ministres des travaux publics et des finances sont ch de l'exécution du présent arrêté, qui sera inséré au *Bulleti ciel*.

Donné à Paris, le 29 décembre 1844.

LÉOPOLD.

PAR LE ROI :

Les ministres des travaux publics et des finances,

A. DECHAMPS. MERCIER.

RÈGLEMENT D'ORDRE INTÉRIEUR.

CHAPITRE PREMIER.

DES SÉANCES ET DES TRAVAUX DU CONSEIL.

ART. 1er. Le conseil se réunit, sur convocation, le 3e lundi des mois de janvier, avril, juillet et octobre, à 2 heures, et plus souvent si c'est nécessaire.

Chaque convocation mentionne les objets à l'ordre du jour.

ART. 2. Le président ouvre et clôt les séances, communique les pièces à examiner, accorde la parole, pose les questions, recueille les avis et prononce les décisions. Il veille particulièrement à l'exécution des règlements.

ART. 3. Le secrétaire tient un procès-verbal des séances; il le fait transcrire dans un registre, après l'approbation du conseil. Ce procès-verbal est signé par le président et le secrétaire.

Ce dernier donne, en outre, lecture des pièces, rédige et expédie la correspondance, et est chargé de la conservation des archives.

ART. 4. Le conseil ne peut délibérer si cinq, au moins, de ses membres ne sont réunis. Les noms des membres présents sont inscrits au procès-verbal.

ART. 5. Les décisions sont prises à la majorité absolue des voix des membres présents.

En cas de partage, la voix du président est prépondérante.

ART. 6. Toute proposition relative aux objets qui intéressent la caisse doit être faite par écrit, et remise signée au président. S'il n'y a pas d'opposition à la prise en considération, la discussion peut en commencer immédiatement; en cas d'opposition, la discussion en est remise à une séance subséquente.

ART. 7. Chaque membre peut faire consigner son vote au procès-verbal.

ART. 8. Les demandes de pension, avec les pièces à l'appui, sont envoyées, par le président, à un membre chargé de les examiner.

Le conseil désigne, lorsqu'il le juge convenable, un ou plusieurs commissaires pour l'examen des affaires.

ART. 9. Le conseil ne correspond qu'avec le ministre des travaux publics.

La correspondance est signée par le président.

CHAPITRE II.

DU BUREAU ET DES SUPPLÉANTS.

ART. 10. Le vice-président et le secrétaire sont élus au scrutin secret, pour le terme de trois ans.

Ils peuvent être réélus.

ART. 11. En cas d'absence du président et du vice-président, le conseil est présidé par le doyen d'âge. Si le secrétaire est absent ou empêché, ses fonctions sont remplies par le membre le plus jeune.

ART. 12. Les suppléants sont convoqués à chaque réunion du conseil : si leur présence est particulièrement nécessaire, mention en est faite sur le bulletin de convocation.

Les suppléants prennent rang d'après l'ordre de leur nomination.

DISPOSITION TRANSITOIRE.

ART. 13. Le tirage au sort de la première série sortante des membres ou des suppléants, sera fait, en séance du conseil, dans le courant du mois d'octobre 1847. Avis en sera donné immédiatement au ministre des travaux publics.

Le présent règlement d'ordre intérieur sera soumis à l'approbation du ministre des travaux publics.

Arrêté en séance du conseil.

Bruxelles, le 17 février 1845.

Le président,

DE MOOR.

Le secrétaire,

BAREEL.

Approuvé:

Le ministre des travaux publics,

A. DECHAMPS.

CONSEIL DE LA CAISSE DES VEUVES ET ORPHELINS DU DÉPARTEMENT DES TRAVAUX PUBLICS.

MM. De Moor, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, *président*;

Visschers (Aug.), directeur de l'administration des mines au ministère des travaux publics, *vice-président*;

Vinchent, conseiller au conseil des mines;

Devaux, inspecteur général des mines;

Roget, ingénieur en chef des ponts et chaussées;

Eyckholt, inspecteur près de l'administration des chemins de fer en exploitation;

Fischer, ingénieur mécanicien près de l'administration des chemins de fer en exploitation;

Bareel, chef de la division des postes au ministère des travaux publics, *secrétaire*;

Wirion-de Scheffer, contrôleur des postes.

TABLE

DES MÉMOIRES, RAPPORTS ET DOCUMEN

CONTENUS

DANS LE 3e VOLUME DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS.

INDICATION DES MATIÈRES.	NUMÉROS DES	
	Pages.	Pla
Mémoire sur la flexion du bois; par M. E. Lamarle, ancien élève de l'école polytechnique, professeur à l'université de Gand. — *Première partie*	5	
Mémoire sur l'amélioration du Rupel; par M. Alph. Belpaire, ingénieur des ponts et chaussées	63	
Description de la machine à tourner les tourillons, établie à la fonderie de Liége en 1840; par M. C. Frédérix, lieutenant-colonel d'artillerie, directeur de l'établissement	147	II
Rapport fait à la commission des procédés nouveaux, sur l'appareil de M. Jacquemet; par MM. Devaux, ingénieur en chef des mines, et Maus, ingénieur des ponts et chaussées.	157	
Des passes navigables et de leur application à l'amélioration de la Meuse; par M. H. G.	171	
Amélioration de la Meuse en aval du pont de Huy; par M. H. G.	263	
Fret sur la Meuse et sur ses affluents, rivières et canaux; par M. H. G.	295	
Rapport sur les ardoisières d'Angers et sur celles des rives de la Meuse, en France; par M. J. B. Poncelet, sous-ingénieur des mines.	317	
Bouveaux des tranchées de Wielmersom et de Bost; par M. Menu, ingénieur des ponts et chaussées . .	353	
Recherches théoriques et expérimentales sur les machines destinées à l'aérage des mines; par M. L. Transenster, sous-ingénieur des mines.	361	VII
Mèches du sûreté. Rapports de M. Petitjean, ingénieur des ponts et chaussées, de M. Devaux, ingénieur en chef des mines, et de la commission pour l'examen des procédés nouveaux	449	
Rapport fait à la commission des procédés nouveaux, sur l'analyse de diverses espèces de houille propres à la fabrication du coke, par MM. Devaux, Maus et Chandelon.	469	

INDICATION DES MATIÈRES.	NUMÉROS DES Pages.	Planches.
ituation de l'industrie du fer en Prusse, par . Delvaux de Fenffe. — Article de M. J. G . . .	483	»
sur C. G. A. Laurillard-Fallot, major du génie, sseur à l'école militaire et membre de la com- on des *Annales*; par M. le baron De Stassart.	487	»
OCUMENTS ADMINISTRATIFS.		
re des travaux publics. — Personnel.	1	
ssion directrice des *Annales des travaux pu-	2	
t chaussées. — État général du personnel et mployés adjoints à ce corps, au 1er jan- 1845.	3	
— Tableau du personnel des ingénieurs des s, au 1er janvier 1845	24	
de Meuse.		
ment de police et de navigation (arrêté royal novembre 1841).	29	
ement pour l'exécution de l'art 9 du traité du ril 1839, et du chapitre II, section IV, du traité novembre 1842, relativement à la navigation Meuse	40	
érale sur les pensions civiles et ecclésiastiques juillet 1844. Tableau annexé à la loi.	56	
les pensions des ministres, du 21 juillet 1844	70	
royal du 21 juillet 1844, relatif aux retenues rer provisoirement pour la formation des cais- pensions au profit des veuves et orphelins. .	71	
royal du 29 décembre 1844, approuvant les s de la caisse des veuves et orphelins du dé- ment des travaux publics	73	
de la caisse des veuves et orphelins du départ t des travaux publics. Règlement d'ordre . .	95	

ERRATUM.

99, lisez *remonte* au lieu de *descente*, et réciproquement.

TABLE

ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE 3e VOLUME DES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS.

Accidents. V. *Ardoisières.*

Aérage. V. *Ardoisières et Recherches.*

Affluents de la Meuse (Fret sur les), *p.* 300.

Agrappe et Grisoeil (Ventilateur du charbonnage de l'). V. *Recherches.*

Ailes courbes ou planes (Ventilateurs à). V. *Recherches.*

Air (Jaugeage des courants d'). V. *Recherches.*

Allier (Crues de l'), *p.* 178, *note.*

Amblève. Fret sur cette rivière, *p.* 300.

Amélioration. V. *Meuse, Passes navigables* et *Rupel.*

Analyse de diverses espèces de houille propres à la fabrication du coke; par MM. Devaux, ingénieur en chef des mines, Maus, ingénieur des ponts et chaussées, et Chandelon, professeur à l'université de Liége (Rapport fait à la commission des procédés nouveaux sur l').

Angers (Ardoisières d'), *p.* 317. V. *Ardoisières.*

Anseremme. V. *Passes navigables.*

Antheit (Passe d'). V. *Meuse.*

Appareil. V. *Machines à vapeur.*

Application des passes navigables à l'amélioration de la Meuse. V. *Passes navigables.*

Ardennes (Canal des). Fret, *p.* 300.

Ardoises. V. *Ardoisières.*

Ardoisières d'Angers et des rives de la Meuse, en France; par M. J.-B. Poncelet, sous-ingénieur des mines, *p.* 317. — I. Ardoisières d'Angers, *ibid.* Historique, *ibid.* Situation et étendue, *p.* 318. Caractères et allure du gisement, *ibid.* Altération des schistes, p. 319. Hétérogénéité, *p.* 320. Accidents, *ibid.* Mode d'exploitation, *ibid.* Exploitation souterraine, *p.* 322. Moyens de transport, *p.* 323. Des ouvriers, *p.* 324. Distribution de la pierre, *ibid.* Des ardoises, *p.* 325. Carrières abandonnées, *p.* 327. Détails statistiques, *p.* 328. Ardoisières à classer au rang des mines, *p.* 329. Mesures de police, *p.* 331. De la vente des ardoises, *p.* 332. Prix de transport des ardoises, *ibid.* Débouchés, *ibid.* — II. Ardoisières des rives de la Meuse, *ibid.* Division en groupes, *ibid.* Ardoisières de Rimogne, *p.* 333. Historique, *ibid.* Situation et étendue, *ibid.* Caractères et allure du gisement, *ibid.* Composition, *p.* 334. Hétérogénéité, *ibid.* Accidents, *ibid.* Mode d'exploitation, *ibid.* Ouvrages descendants, *p.* 335. Ouvrages remontants, *ibid.* Débit des blocs, *ibid.* Machines à tailler les ardoises, *p.* 336.

Moyens de transport, *ibid.* Épuisement des eaux, *ibid.* Aérage et éclairage *ibid.* Des ouvriers, *p.* 337. Des ardoises, *ibid.* Détails statistiques, *p.* 338. Débouchés, *p.* 339. Prix de transport, *ibid.* — Ardoisières de Deville et de Monthermé, *ibid.* Historique, *ibid.* Situation et étendue, *ibid.* Caractères et allure du gisement, *p.* 340. Composition, *ibid.* Accidents, *ibid.* Mode d'exploitation, *p.* 341. Épuisement des eaux et transport des produits, *ibid.* Concession du droit d'exploitation, *ibid.* Des ouvriers, *p.* 342. Des ardoises, *ibid.* Détails statistiques, *ibid.* Débouchés, *p* 343. — Ardoise de Fumay, *ibid.* Historique, *ibid.* Situation et étendue, *ibid.* Caractères et allure du gisement, *p.* 344. Composition, *p.* 345. Accidents, *ibid.* Mode d'exploitation, *p.* 346. Division des blocs, *p.* 347. Epuisement des eaux, *ibid.* Transport des produits, *ibid.* Des ouvriers, *ibid.* Des ardoises, *ibid.* Redevance à charge des exploitations, *p.* 348. Détails statistiques, *ibid.* Débouchés, *p.* 349. Prix de transport, *ibid.* — Tableau indiquant les dimensions des ardoises, leur prix, etc, *p.* 350.

Artillerie. V. *Machine à tourner les tourillons.*

Barrages. V. *Meuse* et *Passes navigables.*

Barre. V. *Meuse* et *Passes navigables.*

Bateaux de la Meuse. Nombre de bateaux vides ou chargés qui acquittent les droits, *p.* 312. — Leur tonnage total. *ibid.*

Beaudemoulin, ingénieur des ponts et chaussées. V. *Passes navigables.*

Bèze (Iles de). V. *Passes navigables.*

Belfaire, ingénieur des ponts et chaussées, V. *Rupel.*

Bickford, fabricant à Camborne (Cornouailles). V. *Mèches de sûreté.*

Bois. V. *Flexion.*

Bois-le-Duc (Canal de Maestricht à) Fret, *p.* 300.

Bonne-ville (Prix du fret par), *p.* 295.

Bost. V. *Bouveaux.*

Bouveaux des tranchées de Wielmersom et de Bost; par M. Menu, ingénieur des ponts et chaussées, *p.* 333. Époque de l'achèvement des ouvrages. *ibid.* Dimensions des tranchées, *p.* 334. Nature du sol, *ibid.* Précautions premières, *p.* 335; leur insuffisance, *p.* 336. Construction des bouveaux, *ibid.* Détails d'exécution, *p.* 337. Mouvement des couches après un certain laps de temps, *p.* 338. Explication de ce phénomène, *ibid.* Précaution à prendre, *p* 339. Salaire des ouvriers, *p* 360.

Camborne, dans le Cornouailles; fabrique de mèches de sûreté. V. *Mèches de sûreté.*

Canalisation des rivières par rétrécissement V. *Passes navigables.*

Carrières. V. *Ardoisières* et *Mèches de sûreté.*

Chandelon, professeur à l'université de Liége. V. *Analyse.*

Charbon de terre (Exportation du), *p.* 314. — Sa consommation sur la Haute-Meuse, *p.* 315. — V. *Fret.*

Charbonnage de l'Espérance, du Grand Hornu, de Marihaye, etc. V. *Recherches.*

Charrée de Meuse, mesure de 2,200 kil *p.* 297.

Chaudière. V. *Machines à vapeur.*

Chena. V. *Meuse.*

Chêne. V. *Flexion du bois.*

Chevalier de la Meuse. Salaire d'un *chevalier* par *bonne-ville*, entre Liége et les Pays-Bas. *p* 295; *id.* entre Liége et Charleville ou Sedan, *ibid.*

Chokier. V. *Passes navigables.*
Cloches (Machine à). V. *Recherches.*
Coke. V. *Analyse.*
Combes, ingénieur des mines (Traité et machine de). V. *Recherches.*
Commission des procédés nouveaux V. *Machines à vapeur* et *Mèches de*
Communes. V. *Ardoisières.*
Communication (Voies de), *p.* 171.
Corphalie (Ile et passe de). V. *Meuse.*
Courants à l'aval du pont de Huy. V. *Meuse.* — produits par la Marée. *pel.* — d'air (Jaugeage des). V *Recherches.*
Courbe des variations diurnes des eaux de la Meuse, *p.* 303.
Couronnement. V. *Passes navigables.*
Davey, fabricant. V. *Mèches de sûreté.*
Débit de la Meuse en diverses parties de son cours, *p.* 214.
Delvaux de Fenffe, ingénieur civil des mines. V. *Metallurgie* et *Indust fer en Prusse.*
Deschamps, ingénieur en chef des ponts et chaussées. V. *Meuse.*
Description. V. *Machine* et *Meuse.*
Detelle (Ile). V. *Meuse.*
Devaux, ingénieur en chef des mines. V. *Analyse*, *Machines à v Mèches de sûreté* et *Recherches.*
Deville (Ardoises de). V. Ardoisières.
Digues. V. *Passes navigables* et *Rupel.*
Dinant. V. *Echelle.*
Docimasie. V. *Analyse.*
Docimastiques (Essais). V. *Analyse.*
Douze. V. *Passes navigables.*
Draguage. V. *Passes navigables.*
Duhamel, membre de l'académie des sciences (Expérience de), *p.* 11.
Duit d'Orléans. Détails y relatifs, *p.* 194.
Dyle. V. *Rupel.*
Échelle. Variations diurnes du niveau de la Meuse observées aux é de Dinant, de Namur, de Huy et de Liége, *p.* 303.
Éclairage V. *Ardoisières.*
Écluses. V *Meuse* et *Passes navigables.*
Éclusé (Barrage). V. *Meuse* et *Passes navigables.*
Effet utile dans les machines d'aérage, V. *Recherches.*
Epis. V. *Passes navigables.*
Épuisement V. *Ardoisières.*
Essais. V. *Analyse* et *Passes navigables.*
Espérance (Machine à piston de l'). V. *Recherches.*
Expérience. V. *Flexion du bois*, *Machines à vapeur* et *Recherches.*
Exploitation. V. *Ardoisières.*
Explosion. Appareil propre à prévenir l'explosion des chaudières, *p.* V. *Machines à vapeur.*
Exportation du charbon de terre par la Meuse en France et dans le Bas, *p* 311. — V. *Fret.*
Fabrication du coke (Houille propre à la) V. *Analyse.*
Fallot (Laurillard-), major du génie et professeur à l'école militaire. V.
Flexion du bois (Mémoire sur la); par M. E. Lamarle, ancien élève de

polytechnique, professeur à l'université de Gand, *p.* 5. — Observations relatives à la première partie, *p.* 6. — 1re Partie. *Art.* 1er. — Considérations préliminaires, *p.* 10. — *Art.* 2 *p.* 14. — Recherche des formules fondamentales applicables au cas de la flexion transversale, *ibid.* 1er cas; flexion circulaire, *ibid.* 2e cas; flexion parabolique, *p.* 18. — *Art.* 3. Recherches des moyens que la flexion transversale peut fournir pour la détermination du rapport existant entre la résistance à l'extension et la résistance à la contraction, *p.* 34. — *Art.* 4. Moyens employés pour reconnaître la position de l'axe d'équilibre et déterminer la valeur du rapport existant entre la résistance à l'extension et la résistance à la contraction, *p.* 42. — *Première série d'expériences. ibid.* Règle de chêne, *p.* 44. Règle de sapin, *p.* 46. — *Deuxième série d'expériences*, *p.* 51. Extension directe et flexion transversale des pièces prismatiques rectangulaires, *ibid. Première expérience.* Règle en chêne du nord, *p.* 54. *Deuxième expérience.* Règle en sapin rouge de Riga, *p.* 58. — Observation *p.* 62. — *Art.* 5. Conclusion générale de la 1re partie, *p.* 62.

Folemprise. V. *Ardoisières.*

Fonderie. V. *Machine à tourner les tourillons.*

Fosses V. *Meuse* et *Passes navigables.*

Frédérix, lieutenant-colonel d'artillerie. V. *Machine à tourner les tourillons.*

Fret sur la Meuse et sur ses affluents, rivières et canaux, *p.* 295. — § 1er. Causes diverses des variations du fret dans la navigation vers les Pays-Bas et vers la France. *ibid.* — § 2. Prix du fret vers les Pays-Bas, selon l'état des eaux, *p.* 297 — § 3. Prix moyen sur la Meuse et sur ses affluents navigables, *p.* 299. — § 4. Variations diurnes du niveau des eaux de la Meuse pendant l'année 1843, *p.* 303. — § 5. Transports sur la Meuse et exportations, *p.* 311.

Frottement (Calcul du) dans les machines d'aérage. V. *Recherches.*

Fumay (Ardoises de). V. *Ardoisières.*

Garonne. V. *Passes navigables.* — Crues de la Garonne, *p.* 178, *note.*

Géripont (Ardoises de la). V. *Ardoisières.*

Girard de Caudemberg, ingénieur des ponts et chaussées, *p.* 285. V. *Meuse* et *Passes navigables.*

Gisement. V. *Ardoisières.*

Glépin, directeur du charbonnage du Grand-Hornu. V. *Recherches.*

Goffin (Ile). V. *Meuse.*

Gonot, ingénieur en chef des mines. V. *Recherches.*

Gossuen (Iles), entre Liége et Maestricht, *p.* 281.

Grandes eaux (Débit de quelques rivières en), *p.* 178, *note.*

Grands-Malades. V *Passes navigables.*

Gravier V. *Meuse* et *Passes navigables.*

Grisoeil (Ventilateur du charbonnage de l'Agrappe et). V *Recherches.*

Grisou. V. *Recherches.*

Haibes (Ardoises d'). V. *Ardoisières.*

Hauts Fonds V. *Meuse* et *Passes navigables.*

Herbeumont (Ardoises d'). V. *Ardoisières.*

Hétérogénéité. V. *Ardoisières.*

Historique. V. *Passes navigables* et *Rupel.*

Houille. (Exportation de la), *p.* 314. V. *Fret.* — Consommation sur la Haute-Meuse, *p.* 315. — Houille propre à la fabrication du coke. V. *Analyse.*

Huy (Aval du pont de). V. *Echelle* et *Meuse*.

Industrie du fer en Prusse (de la situation de l'); par M. Delvaux de Fenffe, *p.* 483.

Jacquemet, manufacturier de Bordeaux. *V. Machines à vapeur.*

Jaugeage des courants d'air. V. *Recherches.*

Jauges de la Meuse. V. *Passes navigables.*

Jetées submersibles. V. *Passes navigables.*

Jupille. V. *Passes navigables.*

Kat ki rit (Courant del). V. *Meuse.*

Lamarle, professeur à l'université de Gand. V. *Flexion du bois.*

Laurillard-Fallot, major du génie et professeur à l'école militaire. V. *Notice.*

Légende explicative des planches VIII et IX, *p.* 447.

Lejeune, ingénieur en chef des ponts et chaussées. V. *Meuse.*

Lesoinne, professeur de métallurgie à l'université de Liége (Ventilateurs à ailes de moulin de M.). V. *Recherches.*

Letoret (Modifications apportées aux ventilateurs à ailes planes par M.). V. *Recherches.*

Liége. V. *Echelle.*

Lit. Quelques rivières ont deux lits, le *lit majeur* et le *lit mineur*; quelques unes en ont trois. V. *Passes navigables.*

Loire. V. *Passes navigables.* — Crues de la Loire, *p.* 178, *note.* — Largeur et hauteur des trois lits de la Loire, en basses eaux, en moyennes eaux et en hautes eaux, *p.* 195, *note.*

Loyable (Courant de). V. *Meuse.*

Machines d'aérage. V. *Recherches.*

Machines à tailler les ardoises. V. *Ardoisières.*

Machine à tourner les tourillons, établie à la fonderie de Liége, en 1840 (Description de la); par M. C. Frédérix, lieutenant-colonel d'artillerie, directeur de l'établissement, *p.* 147. — Ancienne manière d'ajuster les tourillons, *ibid.* Machines diverses introduites pour les tourner, *p.* 148. Machine établie à la fonderie de Liége, *ibid;* ses avantages, *ibid;* sa description, *p.* 150.

Machines à vapeur. Rapport fait à la commission des procédés nouveaux sur l'appareil de M. Jacquemet, *p.* 157. — Cas d'explosion des chaudières produite par une grande quantité de vapeur formée en un temps très-court, *p.* 158. — Explication de M. Jacquemet, *ibid.* — Expérience à l'appui, *p.* 159. — Théorie de M. Jacquemet relativement aux explosions, *p.* 160. — Causes d'explosions; *p.* 161. — Moyens de les prévenir, *p.* 162. — Appareil destiné à mettre la chaudière en communication avec un réservoir d'alimentation, *p.* 164. — Expériences de la commission des procédés nouveaux sur cet appareil; *p.* 167. — Conclusions, *p.* 170.

Magin, ingénieur de marine. V. *Passes navigables.*

Malades. V. *Meuse.*

Manomètre. V. *Recherches.*

Marcinelle (Ventilateur du charbonnage de). V. *Recherches.*

Marée (Effets de la). V. *Rupel.*

Marihaye (Machine à cloches plongeantes de la houillère de). V. *Recherches.*

Maus, ingénieur des ponts et chaussées. V. *Analyse et Machines à vapeur.*

Mèches de sûreté, *p.* 449. — 1. Rapport de M. Petitjean, ingénieur des ponts et

chaussées, *p.* 451. — II. Considérations sur la fabrication des mèches de sûreté, etc; par M. Devaux, ingénieur en chef des mines, *p.* 458. — III. Détails nouveaux et conclusions de M. Devaux, *p.* 460. — IV. Rapport de la commission des procédés nouveaux, *p.* 462. — Notice de M. l'ingénieur Prisse, *p.* 465.

Mémoire. V. *Flexion du bois et Rupel.*

Menu, ingénieur des ponts et chaussées. V. *Bouveaux.*

Métallurgie. V. *Industrie du fer en Prusse, p.* 483.

Meuse. Amélioration de la Meuse en aval du pont de Huy, *p.* 265. — I. Cours de la Meuse et son état actuel à l'amont et à l'aval du pont de Huy, *ibid.* § 1. Description de cette partie de la Meuse, *ibid.* § 2. Régime des eaux à l'étiage et dans les crues, *p.* 268. — II. Projet d'amélioration au moyen de passes navigables, *p.* 269. — III. Amélioration par barrages éclusés, *p.* 275. § 1. Barrages éclusés seuls, *ibid.* § 2. Barrage éclusé avec passes navigables, *p.* 277. — IV. Evaluation de la dépense, *p.* 279. § 1. Passes navigables, *ibid.* § 2. Barrage éclusé avec passes navigables, *p* 280. § 3. Comparaison de la dépense dans les deux systèmes, *ibid.* — V. Considérations générales et résumé des faits propres à déterminer le mode d'amélioration qui doit être préféré, *p.* 281. Idées de MM. Lejeune et Deschamps, *ibid.* Faits divers et observations, *p.* 282 *et suiv.* — Fret sur la Meuse, *p.* 300. — V. *Ardoisières* et *Passes navigables.*

Midouse. V. *Passes navigables.*

Mines. V. *Ardoisières, Mèches de sûreté* et *Recherches.*

Moellons (Digues et jetées en). V. *Passes navigables.*

Monceau-Fontaine (Vis pneumatique de). V. *Recherches.*

Montherme (Ardoises de). V. *Ardoisières.*

Moselle. V. *Passes navigables.*

Motte, ingénieur mécanicien (Vis pneumatique de M.). V. *Recherches.*

Mouillage dans les passes de la Meuse, *p.* 199 *et suiv.* *Id.* sur les courants, *p.* 224, 232, 239, etc.

Mouilles. V. *Meuse* et *Passes navigables.*

Moulin Ste Anne (Ardoises de). V. *Ardoisières.*

Mouvement des eaux. V. *Passes navigables.* — des marchandises sur la Meuse, *p.* 312. — V. *Fret.*

Namur. V. *Echelle.*

Nantes. V. *Passes navigables.*

Navigation fluviale. V. *Fret, Meuse, Passes navigables* et *Rupel.*

Nèthe. V. *Rupel.*

Notice sur C. G. A. Laurillard-Fallot, major du génie et professeur à l'école militaire; par M. le Baron de Stassart, *p.* 487. — V. *Mèches de sûreté.*

Orléans (Duit d'). V. *Passes navigables.*

Ourthe. Fret sur cette rivière, *p.* 300.

Ouvriers. V. *Ardoisières.*

Passes navigables (Des) et de leur application à l'amélioration de la Meuse, *p.* 171. — I. Des voies de communication par terre et par eau, *ibid.* — § 1 Considérations générales, *ibid.* — § 2. Des rivières. Nécessité de leur amélioration et de leur entretien, *p.* 175 — II. Modes de perfectionnement usités, *p.* 181. — III. Canalisation des rivières par des rétrécissements, *p.* 184. — IV. Des passes navigables, *p.* 184. — § 1 Préliminaires, *ibid.* — § 2. Avantages des passes navigables, *p.* 190. — V. Historique des passes navigables.

p. 191. — VI. Détermination d'une passe navigable et de ses diverses parties, *p.* 199. — § 1. Formule de Prony. *ibid.* — § 2. Direction de la passe, *p.* 201. — § 3. Largeur au plafond, *p.* 202. — § 4. Vitesse dans les passes, *p.* 204. — § 5. Jetées submersibles, *p.* 205. — VII. Détails d'exécution d'une passe navigable, *p.* 207. — § 1er. Couronnement des jetées, *ibid.* — § 2. Construction du corps de la jetée et du couronnement, *p.* 208. — § 3 Draguage du plafond, *p.* 210. — § 4. Précautions préalables à l'établissement d'une passe navigable, *p.* 211. — VIII. Application des passes navigables à la Meuse belge, *p.* 212. — § 1er. But des essais, *ibid.* — § 2. Jauges de la Meuse, *p.* 213. — § 3. Passe d'Anseremme, *p.* 215 — § 4. Passe de Tailfer, *p.* 220. — § 5. Passe des Grands-Malades, *p.* 224. — § 6. Passe des îles de Beez, *p.* 230 — § 7. Passe de Chokier, *p.* 232. — § 8. Passe de Jupille, *p.* 239. — IX. Coût d'une passe navigable, *p.* 241. — X. Objections contre les passes navigables, *p.* 245. — XI. Objections contre l'application des passes à l'amélioration de la Meuse, *p.* 248. — XII. Résumé, *p.* 262.

Péages sur la Meuse (produit des), *p.* 311.

Perronet, inspecteur général des ponts et chaussées. V. *Passes navigables.*

Perroquet (Ile et courant du). V. *Meuse.*

Petitjean, ingénieur des ponts et chaussées. V. *Mèches de sûreté.*

Pied de St.-Lambert, *p.* 311.

Piston (Machines à). V. *Recherches.*

Plano-conique (Ventilateur). V. *Recherches.*

Pneumatique (Vis). V. *Recherches.*

Poncelet (J. B.), sous-ingénieur des mines. V. *Ardoisières.*

Poyou (Courant du). V. *Meuse.*

Prisse, ingénieur-adjoint au corps des ponts et chaussées. V. *Mèches de sûreté.*

Prix de transport. V. *Ardoisières* et *Fret.*

Procédés nouveaux V. *Analyse, Machines à vapeur* et *Mèches de sûreté.*

Produit de la Meuse. V. *Passes navigables.* — des péages de la Meuse, de 1830 à 1845 inclusivement, *p.* 311.

Prony (Formule de). V. *Passes navigables.*

Prus, ingénieur en chef des ponts et chaussées. V. *Passes navigables.*

Rapport. V. *Analyse, Ardoisières, Machines à vapeur* et *Mèches de sûreté.*

Recherches théoriques et expérimentales sur les machines destinées à l'aérage des mines; par M. L. Trasenster, sous-ingénieur des mines, *p.* 361. — Préliminaires, *ibid.* Manomètre adopté pour les expériences, *p.* 364. Calcul de l'effet des machines, *p.* 366. — Jaugeage des courants d'air, *p.* 367. — Machine à piston de l'Espérance, à Seraing, *p.* 369. Expériences, *ibid.* Frottement des pistons dans les cuves, *p.* 375. Influence des clapets sur la vitesse absolue de l'air sortant, *p.* 376. Coefficient de contraction pour les ouvertures des clapets, *p.* 380. Limite de la vitesse de l'air sortant, *p.* 381. Pertes occasionnées par l'espace nuisible, *p.* 385. Pertes d'air par les joints des clapets, *p.* 386. Effet utile des machines à piston, *p.* 389. Inconvénients que présentent les pistons, *p.* 390. — Machine à cloches établie à la houillère de Marihaye, *p.* 391. Expériences, *p.* 392. Causes qui font varier la compression de l'air dans les galeries d'appel, *p.* 394. Effet des clapets sur la vitesse absolue de l'air sortant, *p.* 397. Limite de la vitesse absolue de l'air sortant, *p.* 398. Disposition à donner aux clapets des cloches, *p.* 399. Disposition à donner aux clapets des cuves, *p.* 400. Frottement des cloches, *ibid.* Espace nuisible produit par le déplace-

ment du liquide, *p.* 402. Frottement des chaînes et des poulies, *p.* 403. Pertes d'air, *p.* 405. Effet utile des machines à cloches plongeantes, *p.* 406. Frais d'établissement de l'appareil à cloches, *p.* 407. — Ventilateurs, *ibid.* — Ventilateurs à force centrifuge; théorie, *p.* 408. Calcul de l'effet des ventilateurs à force centrifuge, *p.* 410. Ventilateurs de M. Combes, *p.* 412. Vitesse absolue de l'air sortant, *ibid.* Effet de la résistance de l'air dans les ventilateurs à ailes courbes, *p.* 414. Effet utile des ventilateurs-Combes, *p.* 415. Ventilateurs à ailes planes, *p.* 417. Effet utile des ventilateurs à ailes planes : système Letoret, *p.* 418. Ventilateur du charbonnage de Ste-Victoire, près de Mons, *p.* 419. Ventilateur du charbonnage de l'Agrappe et Grisœil, *p* 421. Ventilateur du charbonnage de Marcinelle, *p.* 422. Ventilateurs à mouvement circulaire de translation, *p.* 423. Théorie, *ibid.* Vis pneumatique, *p.* 427. Théorie, *ibid.* Effet utile des vis pneumatiques actuellement en activité, *p.* 429. Vis pneumatique du charbonnage de Sauwartan sur Dour, *ibid.* Vis de Monceau-Fontaine, près de Charleroy, *p.* 432. Vis du charbonnage de Trieu-kaisin, *p.* 434. Avantages de la vis pneumatique, comparée aux ventilateurs à force centrifuge, *p.* 435. Défectuosités de la vis, *p.* 437. — Ventilateurs à ailes plano-coniques, *ibid.* Théorie du ventilateur plano-conique, *p.* 439. — Ventilateurs à ailes de moulin à vent, *p.* 443. — Conclusions, *p.* 445. — Légende explicative des planches VIII et IX, *p.* 447.

Registre des variations diurnes des eaux de la Meuse, *p.* 305.

Règle de chêne ou de sapin. V. *Flexion du bois.*

Rétrécissement. V. *Passes navigables.* — naturel dans les rivières, *p.* 263, *en note.*

Règle (Règle en sapin de). V. *Flexion du bois.*

Rembogne (Ardoises de). V. *Ardoisières.*

Rivières. Nécessité de leur amélioration et de leur entretien, *p.* 175. V. *Meuse, Passes navigables* et *Rupel.*

Rupel (Mémoire sur l'amélioration du); par M. Alph. Belpaire, ingénieur des ponts et chaussées, *p.* 65. — *Chapitre* I. Description du Rupel et de ses courants, *ibid.* Influence de la marée, *p.* 66. Définition de la marée, *p.* 69. La marée n'est pas nécessaire et inévitable, *p.* 70. La marée peut être modifiée et diminuée, *p.* 71. L'action de la marée tend à diminuer à cause de l'envasement, *p.* 72. Moyens de combattre l'envasement, *p.* 75. Causes de détérioration du régime, *p.* 75. Effets des changements de direction du courant, *p.* 76. Effets des rétrécissements du lit, *p.* 77. Effets des élargissements du lit, *p.* 78. Théorie de la marée, *p.* 79. Faits observés, *ibid.* Explication des faits précédents, *p.* 82. — *Chapitre* II. Historique du cours du Rupel et de ses affluents, *p.* 86. Moyens de connaître l'ancien cours du Rupel, *ibid.* Ancienne largeur du Rupel, de la Nèthe et de la Dyle, *p.* 87. Singularité que présentent les confluents, *ibid.* Ancienne largeur de la Senne, *p.* 88. Déplacement du lit du Rupel et de la Nèthe, *p.* 89. Changements produits par les attérissements : 1° A l'embouchure du Rupel, *p* 91; 2° Devant Boom, *p.* 95; 3° Vis-à-vis de Kasteeltje, *p.* 96; 4° Au confluent de la Dyle et de la Nèthe, *p.* 97. — *Chapitre* III. Travaux à exécuter dans le Rupel et ses affluents, *p.* 98. Principes à suivre, *ibid.* — *Chapitre* IV. Travaux de Boom, *p.* 100. Urgence des travaux, *ibid.* Choix des moyens, *p.* 101. Fixation du tracé, *p.* 102. Détails d'exécution, *p* 105. Envasement par épis transversaux, p. 107. Établissement de brise-glaces, *p.* 112. Prix des ouvrages, *ibid.* — *Chapitre* V. Travaux en amont de Boom, *p.* 115.

Courbe formée par le lit, *p.* 114. Causes qui l'ont produite, *ibid.* Moyen de la redresser, *p.* 118. Défense de la rive, *p.* 121. Moyen de diminuer l'action érosive des eaux, *ibid.* Application, *p.* 123. — *Chapitre* VI. Travaux au confluent de la Nèthe et de la Dyle, *p.* 125. Ancienne disposition des lieux, *ibid.* Effets de la mauvaise disposition des lieux, *p.* 126 Travaux dans la Dyle, *ibid.* Travaux dans la Nèthe, *p.* 127. Redressement à exécuter et moyen de l'obtenir, *p.* 128. Démaigrissement de la rive gauche, *p.* 129. Attérissement de la rive droite, *p.* 130. Précautions à observer, *ibid.* Détails d'exécution, *p.* 132. — *Chapitre* VII. Travaux en aval de Boom, *p.* 135. Tracé à obtenir, *p.* 136. Moyens d'exécution, *p.* 138. Fixation de la rive gauche, *ibid.* — *Chapitre* VIII. Conclusion, *p.* 140.

Saint-Lambert (Passe du val-). V. *Passes navigables* et *Pied.*

Saint-Pierre (Courant et passe de). V. *Meuse.*

Sainte-Victoire, près de Mons (Charbonnage de). V. *Recherches.*

Sambre. Fret sur cette rivière, *p.* 300.

Sapin. V. *Flexion du bois.*

Sauwartan (Vis pneumatique du charbonnage de). V. *Recherches.*

Schistes. V. *Ardoisières.*

Sedan (Canal de). Fret, *p.* 300.

Senne. V. *Rupel.*

Sidérurgie. V. *Industrie du fer en Prusse.*

Smith, fabricant. V. *Mèches de sûreté.*

Stassart (Baron de). V. *Notice.*

Tableau docimastique. V. *Analyse.* — des dimensions des diverses ardoises, de leur prix, etc. V. *Ardoisières.*

Tailfer. V. *Passes navigables.*

Tarn (crues du), *p.* 178, *note.*

Théorie des diverses espèces de ventilateurs. V. *Recherches.*

Tourillons. V. *Machines.*

Transports (Prix des) sur la Meuse, *p.* 275, 297 *et* 300. V. *Ardoisières* et *Fret.*

Trasenster, sous-ingénieur des mines. V. *Recherches.*

Trieukaisin (Vis pneumatique du charbonnage de). V. *Recherches.*

Trou-du-Moulin (Ile et bras du), à Chokier. V. *Passes navigables.*

Truchère (Barrage de la). *p.* 286, *note.*

Val-St-Lambert. V. *Passes navigables.*

Vapeur (Machines à). V. *Machines à vapeur* et *Recherches.*

Variations du fret sur la Meuse et sur ses affluents. V. *Fret.* — diurnes du niveau des eaux de la Meuse pendant l'année 1845, *p.* 303.

Vente. V. *Ardoisières.*

Ventilateurs à ailes courbes, à ailes planes, à force centrifuge, etc. V. *Recherches.*

Vesdre. Fret sur cette rivière, *p.* 302.

Victoire (Charbonnage de S^{te}). V. *Recherches.*

Vifquain, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées. — Ses idées sur l'amélioration de la Meuse, *p.* 248.

Vis Pneumatiques. V. *Recherches.*

Vitesse. V. *Passes navigables, Recherches* et *Rupel.*

Voies de communication, *p.* 171.

Wielmersom. V. *Bouveaux.*

Yvoz (Iles d'). V. *Meuse* et *Passes navigables.*

ERRATA POUR LE RAPPORT SUR LES HOUILLES PROPRES A LA FABRICATION DU COKE.

Page	ligne				
471	9	au lieu de	baryte,	lisez	baryum.
Id.	10		barium,	—	baryte.
	N° d'ordre.				
474	22		Delgée veine,	—	Delyée veine.
475	10		72.60	—	72.61
Id.	13		acides fusibles.		acides; fusibles.
Id.	23		id.	—	id.
Id.	27		80.78		80.72.
476	28		Delgée veine,		Delyée veine.
Id.	34		id.		id.
Id	50		Byon,		Bijou
477	29		0.05		0,15
Id.	39		acides fusibles.		acides; fusibles.
Id.	44		6.37		6,27
Id.	id.		0.27		0,25
479	2		2,30		2,56
Id.	12		Philippe Bauce,		Philippe Dame.
Id.	24		Delgée veine,		Delyée veine.
481	34		id.		id.
Id.	43		id.		Id
Id.	49	—	Byon,		Bijou

RIE DE LIÉGE.

PL. 11

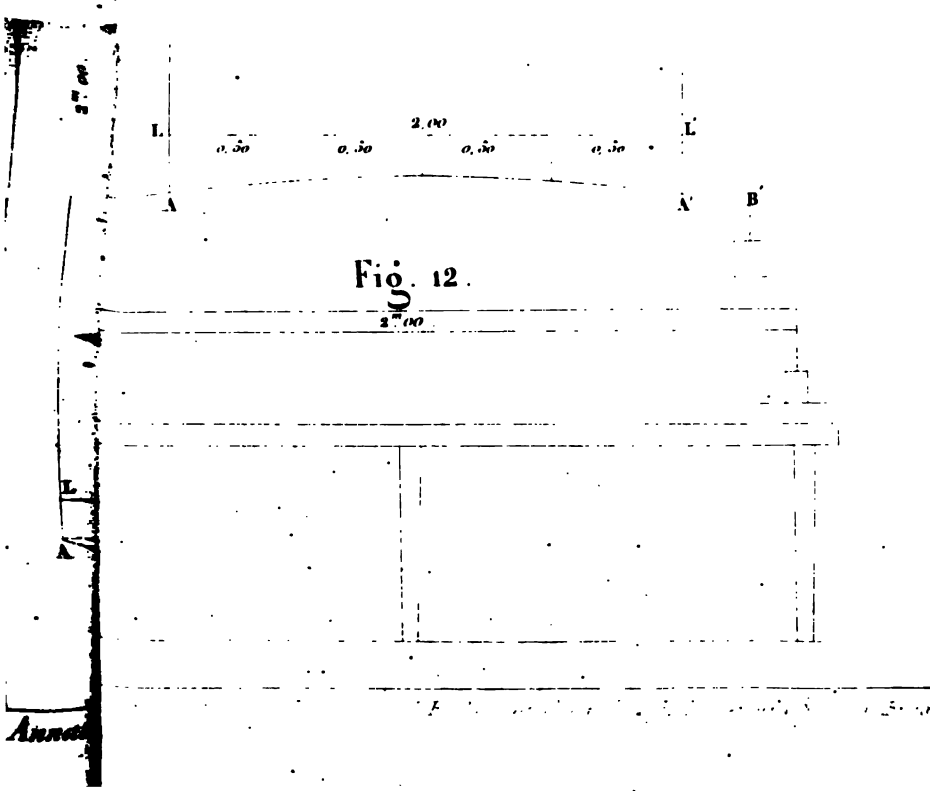
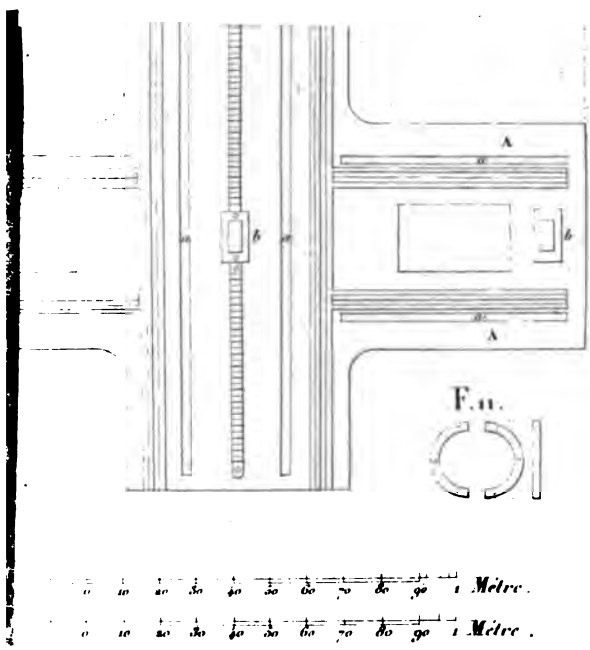


Fig. 12.

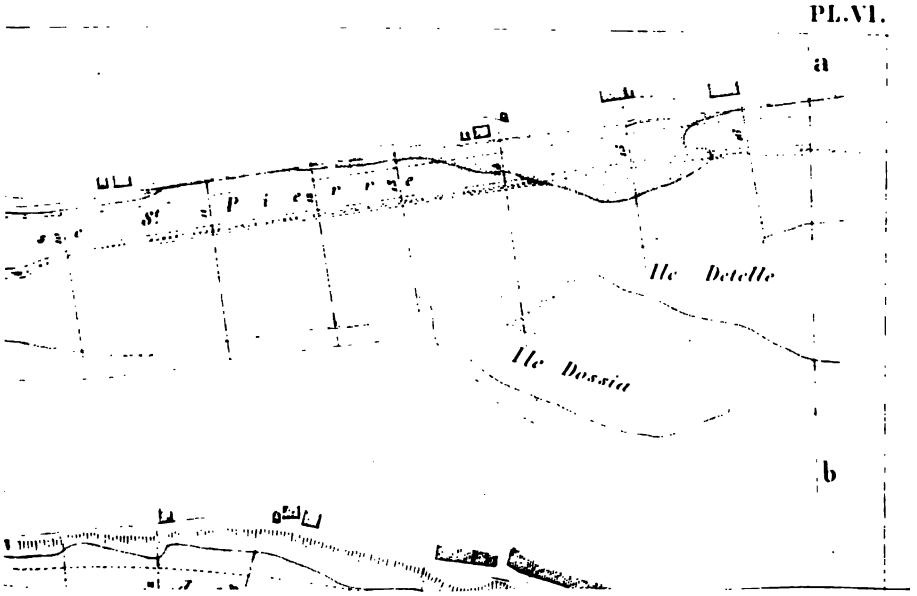


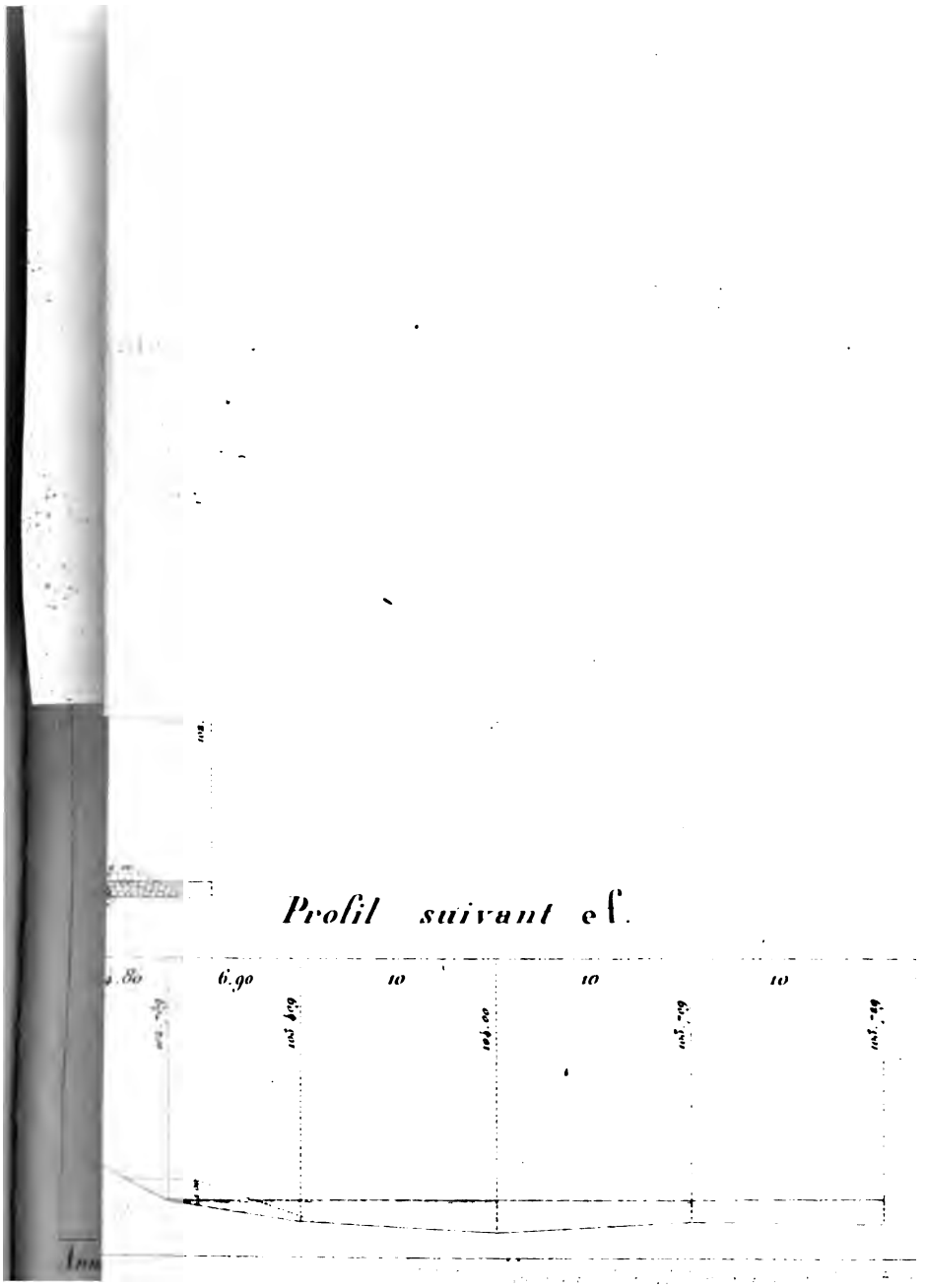
J. B. Blasseau Sculp. Imp. H. Lorrenan & Cie

Lucht-Veld
à Wachem
Village de

DIT DE HUY.

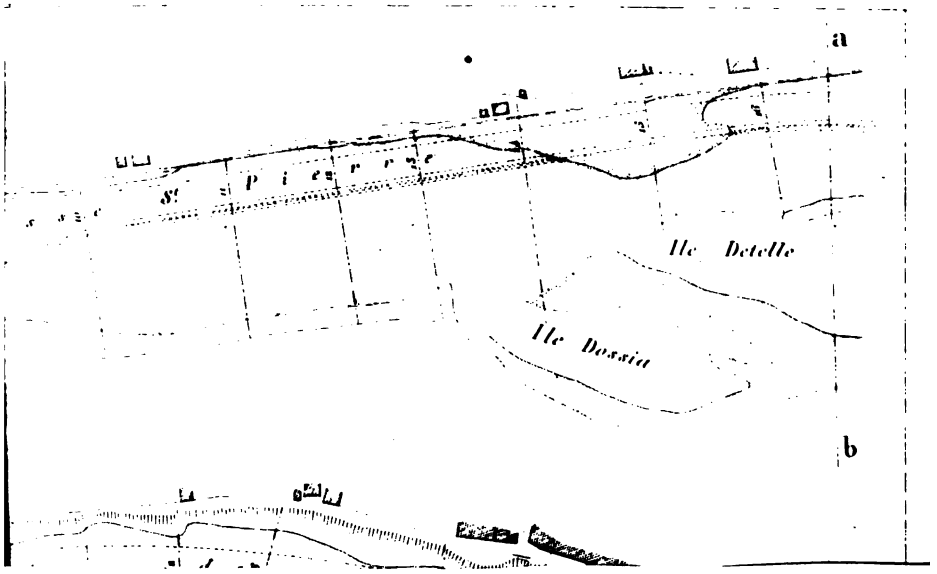
PL. VI.




Profil suivant ef.
6.90
10
10
10

PONT DE ELY.

PL. VI.



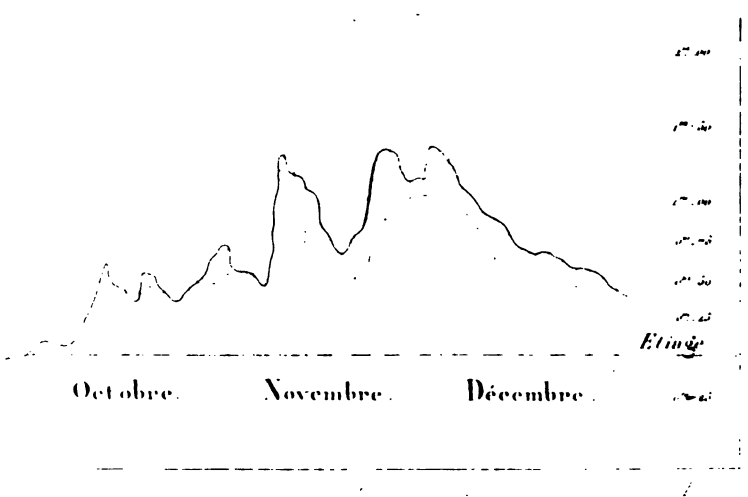

Etiage
Octobre.
Novembre.
Décembre.

Fig. 5.

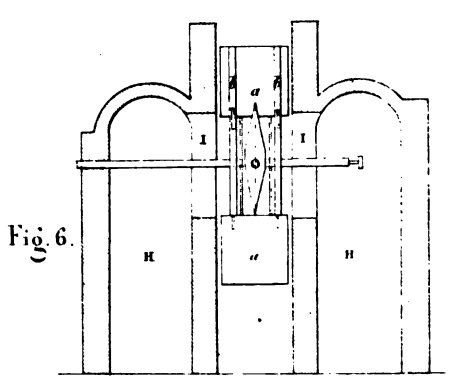


Fig. 6.